Эдуард Эрлих

МЕСТОРОЖДЕНИЯ и ИСТОРИЯ

Эдвард Эрлих

Месторождения и история

«Написано пером»

2016

УДК 978-5-00071-481-2
ББК 26.3

Эрлих Э.

Месторождения и история / Э. Эрлих — «Написано пером», 2016

Книга представляет собой попытку дать панораму процесса открытия и освоения месторождений полезных ископаемых и влияния, которое оказали эти открытия на социально-экономическую историю человеческого общества. Описание сопровождается рассказом о судьбе первооткрывателей. В значительно мере она опирается на известные автору по личному опыту истории открытия крупнейших месторождений России – алмазных месторождений Сибири, Норильска, Талнаха, редкометалльных месторождений массива Томтор.

УДК 978-5-00071-481-2
ББК 26.3

© Эрлих Э., 2016
© Написано пером, 2016

Содержание

Предисловие 9
Часть I. Истории открытия и освоения месторождений минерального сырья 11
Глава 1.1. Век Камня 11
Обсидиановая империя 11
Эпоха мегалита 13
Исаакиевский собор Санкт-Петербурга, месторождения, давшие его камень, и его создатели 15
Глины древние и вечно молодые 26
Мраморы Греции и Италии – символ античности 29
Пемзы Ильинского месторождения (юг Камчатки) 31
Литература 33
Глава 1.2. Месторождения галита 35
Литература 39
Глава 1.3. Месторождения меди и цветных металлов 40
Металл на все времена 40
Месторождения самородной меди 42
Месторождения массивных сульфидных руд (кипрский тип) 43
Колчеданные месторождения типа Куроко 45
Медно-порфировые месторождения 47
Коунрад 48
Стратиформные месторождения медистых песчаников и сланцев 52
Джезказган 54
Месторождения, связанные с карбонатитами 59
Скарновые месторождения меди 60
Стратиформные месторождения свинца и цинка 60
Общие вопросы металлогении меди 61
Литература 64
Глава 1.4. Олово Корнуолла и бронзовый век Европы 66
Литература 70
Глава 1.5. Железо – месторождения небесного металла 71
Месторождение, посланное небом 72
Болотное железо. Начало железной индустрии 73
Секреты изготовления булата 74
Месторождения, несколько раз решившие судьбы Европы 75
Переход на ископаемые угли 76
Два человека, создавшие металлургию юга России 77
Железорудные месторождения Урала 84
Магнитка и Кузнецкий комбинат – символы советской индустрии 86
Месторождения Курской магнитной аномалии 92
Железо для стальных мускулов юного гиганта 94
Заключение 94
Литература 95

Глава 1.6. Молибденовый Клаймакс 97
Литература 102
Глава 1.7. Месторождения валютных металлов 103
Золото фараонов, копи царя Соломона и страна Офир 103
Витватерсранд – месторождение, определившее судьбу Африки 108
Месторождения, оплатившие индустриализацию СССР 114
Второй валютный металл – серебро 117
Лаврион – месторождение, создавшее афинскую демократию и принесшее победу в греко-персидских войнах 119
Мастерская и кладовая Европы – Гарц и Рудные Горы (Саксония и Чехия) 124
Комсток – серебряный гигант, месторождение легенд 127
Платина – металл фальшивомонетчиков и ученых 132
Россыпи – древнейший тип месторождений платины 133
Риф Меренского и месторождения самородной платины 134
Седбери 136
Норильск и Талнах 138
Некоторые итоги 145
Литература 146
Глава 1.8. Месторождения калийных солей 148
Литература 153
Глава 1.9. Самый, самый 154
Литература 175
Глава 1.10. Тепло земли[8] 179
Введение 179
Проблемы генезиса тепла 180
История геотермальных исследований и использования горячих вод 185
XX век – столетие геотермальной энергетики 190
Геотермия – ключ к решению фундаментальных проблем геологических наук 197
Проблематика и предлагаемые решения 198
Проницаемость земной коры и верхней мантии для природных теплоносителей 200
Соотношение расплава и гидротерм. Трансмагматическая природа растворов 209
Теоретические основы процессов горения в применении к магматическим системам 212
Гидротермальная активность и рудообразование в ходе тектонической эволюции 214
Вопросы формирования даек 218
Теоретические основы процессов горения в применении к магматическим системам 224
Литература 228
Часть II. Процесс открытия и освоения месторождений 235
Глава 2.1. Этапы открытия месторождений, роль геолога 235

«Рудные лихорадки». Миграции населения в связи с находками минеральных месторождений 237
Геологические службы – организационная основа поисков месторождений 239
Инфраструктура поиска 242
Второй этап открытия месторождений – разведка 251
Литература 258
Глава 2.2. Мотивация поиска 260
Литература 264
Глава 2.3. Маркетинг и борьба за контроль над рынком 265
Страна, контролирующая алмазный рынок, не имея ни единого алмаза 267
Неизбежен ли Де Бирс 268
История расхищения алмазных месторождений России 270
Месторождения нефти и мировая история 275
Ранняя история нефти и технические проблемы ее добычи 275
Нефтяная горячка в Пенсильвании. Начало американской нефти 278
Организация деловой инфраструктуры. Стандард Ойл 280
Мировая гонка за нефтью. Иран и Ближний Восток 283
Нефть под морским дном 284
Норильск и Талнах 287
Томтор – маркетинг по-российски 288
Пемзы Ильинского месторождения (юг Камчатки). Два типа маркетинга 294
Литература 295
Глава 2.4. Научный поиск. Теоретические проблемы 297
История науки 306
Горно-металлургические районы – генераторы создания центров подготовки профессиональных кадров и исследований в области наук о Земле 310
Литература 328
Глава 2. 5. Как открывают и как пропускают месторождения 331
Этапы обнаружения и освоения месторождений. Роль геолога 331
Кто открыл Норильск и Талнах 333
Как открывались алмазы Сибири 338
Открытие «Зарницы» – начало сибирских алмазов 341
Трубка «Мир». История открытия алмазных месторождений России 349
Томтор и его месторождения 351
Как открываются месторождения 353
Как пропускаются месторождения 355
Литература 360
Глава 2.6. Воздаяние 361
Воздаяние тем, кто сделал это возможным 362
Что происходит с природой 364
Светлые города мечты 368

Месторождения и история человечества 371
Влияние освоения минеральных месторождений на события социальной истории 373
Литература 376
Заключение 377
Благодарность 379

Эдвард Эрлих
Месторождения и история

К 150-летию К. И. Богдановича, создателя российской школы геологов-поисковиков месторождений полезных ископаемых и предтечи отечественной вулканологии

www.napisanoperom.ru

Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения правообладателя.

© Эдвард Эрлих, 2016

© Издательство «Написано пером», 2016

Предисловие

Вещи и дела, аще не написаннии бывают, тмою покрываются и гробу беспамятства предаются, написаннии же яко одушевленнии…
И. А. Бунин. Жизнь Арсеньева

Предлагаемая книга рассказывает о том, как находят и осваивают Месторождения, геологические тела, из которых добывают тот или иной вид минерального сырья. И о том, какую роль каждое такое открытие сыграло в Истории, которая здесь рассматривается как совокупность всех происходящих в мире событий и вызываемых ими последствий.

Каждое Месторождение имеет свою историю открытия, эксплуатации и влияния на окружающий мир. Такие истории ряда знаменитых Месторождений послужили содержанием глав первой части настоящей книги.

Тема истории открытия Месторождений считается очень значительной даже в чисто практическом смысле. В американской геологической (или окологеологической) литературе существует особый жанр – *case stories* (описание случаев), рассказы открывателей Месторождений о своём «случае». Авторы обычно ясно понимают важность таких аспектов, как выбор метода поиска, знание области применения найденного минерала, рыночная ценность открытого Месторождения (маркетинг). Подобные личные истории служат полезным уроком для новых поисков и находок.

Однако для проблемы взаимосвязи Месторождения и Истории наиболее существенна та роль, которую месторождения играют в социальной истории – создание сырьевой базы развития экономического прогресса. В обеспечении этой базы состоит главная задача работы геологов. Приведённые в главах этой книги материалы подтверждают, что экономическим преобразованиям всегда предшествовало обнаружение минеральных месторождений, а то и открытие новых видов минерального сырья[1]. Такими явились месторождения железа, обеспечившие создание металлоёмкого производства; находки технических алмазов, увеличившие производительность скоростного металлорезанья и бурения; месторождения олова, приведшие к созданию бронзы, и меди, без которой была бы невозможна электротехника; залежи калиевых солей, послужившие базой «зелёной революции» и тем спасшие человечество от угрозы недостатка продуктов питания; наконец, редких металлов, использование которых лежит в основе современных технологий.

Рассматривая какие-либо исторические события, мы неизбежно касаемся вопроса исторической памяти, которой посвящены немало страниц второй части книги. Как мне представляется, сохранение исторических фактов – важная задача современников. Поэтому по приезде в США я написал статью, пытаясь восстановить роль моих товарищей и коллег в открытии алмазов Сибири. Позднее в ленинградском журнале «Звезда» были опубликованы две статьи об открытии алмазов и массива Томтор в Сибири. Мне хотелось показать, что путь к этим двум равноценным по значимости событиям был принципиально различен. К сожалению, эта мысль для читателей пропала, поскольку выход в свет посвященных им статей разделил интервал в два года. Постепенно у меня накопился достаточно большой и разнообразный материал по истории месторождений полезных ископаемых. Так сложилась небольшая книга «Месторождения и История», выпущенная издательством Политехнического университета. Некоторые очерки из неё опубликованы в Интернете и в Интернет-альманахе Порт-Фолио.

---

[1] Ввиду необъятности материала и специфики геологии я не рассматриваю месторождений угля, нефти и газа, а также лёгких и радиоактивных металлов.

Предлагаемая теперь работа представляет дополненное и расширенное второе издание книги.

Материал поделён на две части. Первую часть составляют конкретные истории месторождений минерального сырья (камни, соли, металлы). Часть вторая представляет собой попытку нарисовать широкую панораму поисков месторождений на разных этапах этого процесса. Одновременно рассматриваются некоторые проблемы, сопутствующие поиску и освоению месторождения: мотивация и организация поиска, оценка результата, воздействие его на Природу и жизнь людей.

В новую версию книги «Месторождения и История», помимо нового материала второй части, вошли новые очерки, посвящённые геологии и освоению месторождений основных металлов индустрии – меди и железа; новый раздел об Исаакиевском соборе в Санкт-Петербурге; новая глава «Тепло Земли» об истории геотермальных месторождений, написанная в соавторстве с В. И. Белоусовым. Ряд очерков первого издания был существенно пополнен новыми материалами (раздел рудных полезных ископаемых: месторождения валютных металлов). Основательно переработана и расширена глава о месторождениях алмазов.

Но роль месторождений в истории в относительно полном виде вскрылась лишь в итоге исследования. На первом же этапе важнейшей задачей мне представлялось восстановление имен истинных первооткрывателей. Возврат этих имен стране имеет большое общее значение для восстановления нормального морального климата страны.

Важная особенность новой работы – широкое использование иллюстраций. Список использованных источников приводится в конце каждой главы. Источники заимствованных фотографии помещены в подписях к рисункам.

Книга обращена к широким кругам интеллигенции (не непременно геологов по профессии), которых помимо литературы и искусства интересует материальное устройство окружающего мира и которым, быть может, будет интересно познакомиться как с процессом находки и освоения Месторождений, так и с воздействием этих событий на ход Истории.

Самой большой наградой я бы счёл для себя, если б эта книга оказалась полезной моим коллегам-геологам, ведущим разведку и поиски Месторождений полезных ископаемых. Хотелось бы надеяться, что книга ещё раз напомнит им имена предшественников, для чего они работали, и тем поможет в их трудной и благородной работе. Я также тешу себя надеждой, что этот текст попадет в руки историков-профессионалов и они смогут использовать этот материал для анализа Истории человечества.

Часть I. Истории открытия и освоения месторождений минерального сырья

Глава 1.1. Век Камня

До того, как человек научился извлекать из камня одну из его составляющих (как правило – минералы, содержащие тот или иной металл), он использовал камень как таковой. Из одних типов камня делали оружие и орудия труда, другие шли на возведение жилых домов и культовых сооружений; наконец, глина служила материалом и для строительства, и для производства посуды, и была основой для рождающихся изобразительных искусств. Самые ранние, доисторические, эпохи человеческой истории различают по типу обработки камня. Их так и называют: палеолит или неолит – древняя и новая каменные эры. В ходе обработки камня происходило и само формирование биологических особенностей вида Homo Sapiens.

Обсидиановая империя

Эру камня мы обычно воспринимаем как время, когда человек делал орудия из кремня, аморфного кремнезема, встречающегося в виде желваков в слоях некоторых осадочных пород.

Менее известно, что во многих районах вместо кремня использовалось значительно лучшее сырье – обсидиан. Это плотное вулканическое стекло, обычно очень богатое кремнекислотой. Обсидиан образуется в результате быстрого охлаждения лавы. Способность колоться на тонкие пластинки с острыми режущими краями делала обсидиан прекрасным материалом для создания каменных орудий: наконечников стрел, ножей, топоров. Обсидиан высоко ценился древними мастерами; не менее его свойств привлекателен был способ добычи. Важной особенностью месторождений обсидиана являлось то, что в силу большой вязкости материала в момент извержения он образовывал так называемые вулканические купола – холмы с крутыми склонами, высотой в несколько сот метров. Добывать обсидиан из вулканических куполов было несопоставимо проще, чем кремень из пластов осадочных пород.

На использовании обсидиана вырос Теотиуакан – древний город, расположенный в часе езды на машине от современного Мексико-сити. Уже около 150-го года до н. э. поселение было крупным культовым центром. Здесь на плато на высоте около 2200 метров над уровнем моря к 250 году н. э. закончилось строительство так называемой пирамиды Солнца – третьей в мире по величине, высотой 65 метров и основанием 220 × 225 метров. Вместе с построенной позже и несколько меньших размеров так называемой пирамидой Луны, храм на протяжении столетий привлекал многочисленных паломников со всей Центральной Америки. Около 400 года н. э. город насчитывал более 200 тысяч обитателей и был шестым по количеству населения городом мира, в 5 раз превышая население Лондона времен Генриха VIII. Теотиуакан стал крупным экономическим центром по изготовлению оружия и орудий из обсидиана.

Рис. 1.1.1. Пирамида Луны близ Мексико-сити. Высота 46 метров, ширина в основании 150 метров.

Здесь действовали, по крайней мере, четыре крупных мастерских, в которых работали лучшие мастера. Учиться к ним приезжали люди с побережья Мексиканского залива и из Монте Альбан на юге. Местный обсидиан имеет темно-серый цвет с серебристым блеском после шлифовки; большое количество обсидиана зеленого цвета привозилось из района горы Идальго близ тихоокеанского побережья. Таким образом, город был связан фактически со всеми районами современной Мексики. Можно сказать, что это была настоящая обсидиановая империя. Около 650 года город внезапно опустел. Судя по повсеместным следам большого пожара, он был уничтожен пришедшими с севера племенами. Не исключено, что определенную роль в последующем упадке города сыграло истощение запасов легко добываемого обсидиана и гибель многих мастеров от руки завоевателей. Во всяком случае, когда сюда пришли ацтеки, они застали лишь древние руины.

Когда мы говорим об античной Элладе, мы говорим об эпохе бронзы. Но ей предшествовала эпоха широкого использования обсидиана – кикладская культура. На острове Милос имеются единственные в Греции месторождения обсидиана. Он начал использоваться людьми 13000 лет назад. Обсидиан Милоса стал широко применяться на Ближнем Востоке и был главным предметом торговли острова. Расположенный между материковой Грецией и Критом Милос стал важным центром Минойской цивилизации. Для разработки обсидиана и торговли им было основано поселение Филокопи. Расцвет острова относится к VI–V векам до нашей эры. Со времени расцвета Рима обсидиан с Милоса широко распространяется по всему Средиземноморью.

Рис. 1.1.2. Милос. Архипелаг Киклады.

Богатый археологический материал по Средиземноморью, которое называют колыбелью европейских цивилизаций, показывает, что и здесь места добычи обсидиана являлись центрами интенсивной обработки камня и производства орудий. Вокруг них складывались поселения и через них устанавливались экономические связи с самыми отдаленными районами. Наглядно иллюстрирует это экспозиция музея в городке Липари на одноименном острове к северу от Сицилии. Здесь проходил удобный морской путь, связывавший восточное и западное Средиземноморье, то есть Грецию и Малую Азию, с районами южной Франции, Балеарскими островами и Иберийским полуостровом. Важно отметить, что все острова Липарской группы вулканического происхождения. Работники музея собрали большую коллекцию обсидиановых орудий из местных захоронений разного времени и отчетливо показали наличие торговых и культовых связей, охватывающих весь Средиземноморский бассейн.

Эпоха мегалита

Важнейшей областью использования камня с древних времен было разнообразное строительство: жилищ, оборонительных укреплений и, возможно, наиболее важное – культовых сооружений. Последние обеспечивали прямую связь с богами и предками, привлекали многочисленных паломников и по всем этим причинам должны были быть величественными, свидетельствовать о могуществе построивших их племен. Создатели храмов не жалели труда и усилий ни в Средиземноморье (от Египта и Вавилона до мегалитических сооружений Мальты и Микен), ни в Западном полушарии. Представление о том, что строительство велось преимущественно за счет рабского труда, сейчас почти полностью отброшено. Письменные источники свидетельствуют о том, что возведение храмов считалось священным долгом, даром богам и путем к спасению, и строили их, в основном, свободные люди. Традиции строительства огромных культовых сооружений были продолжены в возведении величественных храмов античной Греции и позднее готических соборов средневековой Европы. Но одних внушительных размеров было недостаточно. Для нас, сегодняшних зрителей произведений древности, утерян важнейший эстетический элемент – окраска, цветовое решение этих памятников. Обе пирамиды Теотиуакана были окрашены в красный цвет и должны были производить ошеломляющее впечатление на зрителей. Да и греческие храмы, включая сам Парфенон, были раскрашены; не были бесцветными, какими мы видим их сегодня, и статуи, украшавшие средневековые соборы. Термин «мегалит» используется в соответствии с определением, данным в словаре Вебстер.

К строительному камню предъявлялись высокие, специфические требования, прежде всего устойчивость против эрозии и одновременно легкость обработки. Места его добычи (месторождения!) должны были находиться недалеко от предполагаемой постройки и, говоря современным языком, от транспортных артерий. Естественно, выбор типа камня зависел от окружающих природных условий и назначения сооружения. В каждом регионе рождались свои традиции. Знаменитые граниты раппакиви Финляндии *(Буллах А. Г. Каменное убранство Петербурга)*, добытые в Фридрихсхамском карьере, пошли на каменное убранство Петербурга, его набережные и уникальные по красоте и грандиозности монолиты – колонны Исаакиевского собора, Александрийский столп, петровский Гром-камень; гранитом облицована и крепость, с которой начался город. Декоративную роль камня люди осознали много позже, а во времена каменного века была своя эстетика, главным образом выраженная в культовых сооружениях: гранитные глыбы Стоунхенджа, египетские гигантские пирамиды и сфинкс из гранита Синая поражают наших современников.

К категории строительного камня относятся и скромные на вид известняки Мальты и прилегающих к ней островов Гозо и Комино к югу от Сицилии. Здесь проходила вторая, южная ветвь пути из восточного в западное Средиземноморье. Но, в отличие от Липарских островов, какие-либо проявления вулканизма здесь полностью отсутствуют. Все острова сложены плотными, но легко поддающимися обработке известняками. Именно их использование при отсутствии обсидиана определило всю раннюю историю острова.

Не имея под рукой материалов, пригодных для изготовления оружия, островитяне возводили мегалитические крепости, чтобы устоять под натиском пришельцев. Огромные блоки известняка таких цитаделей, как Хаджар Им на Мальте и Гджантия на Гозо, служили и местом обитания, и святилищами людей каменного века. Всего на Мальте и Гозо известно 30 групп таких построек. Они на 1000 лет старше пирамид Гизы в Египте, Стоунхенджа в Британии, и тем более пирамид Теотиуакана и храмов майя. Абсолютные датировки, полученные по радиоактивному углероду, материалов, собранных близ этих строений, колеблются от 5200–4000 до 900–750 лет *(Bezzina, 2004)*.

Заслуженным признанием роли строительного камня в истории Мальты явилось создание музея, который так и называется: Центр традиции известняка. Здесь не выставлены коллекции красивых камней, но наглядно, шаг за шагом демонстрируются стадии добычи и обработки блоков известняка.

Необычен и выразителен и другой музей, отражающий роль строительного камня в истории на самых ранних стадиях, когда обитатели острова выпиливали блоки известняка, создавая подземные жилища мертвых – Хайподжеум. Сейчас эти сооружения стали историческим памятником и находятся под охраной ЮНЕСКО. Приятно сказать, они действительно тщательно оберегаются. Чтобы предохранить стены могильников от окисления под воздействием углекислого газа при большом стечении посетителей, экскурсии регулируются. Традиции строительства подземных сооружений, начатые при создании Хайподжеума 2400 лет до н. э., были продолжены при постройке бомбоубежищ для укрытия гражданского населения от страшных бомбежек, которым остров подвергся во Вторую мировую войну.

Рис. 1.1.2. Мегалитический комплекс Хаджар Им.

Роль обороняемой крепости на магистральном морском пути остров сохранял на всем протяжении своей истории – и тогда, когда он сдерживал натиск оттоманских полчищ в XVI веке, и когда служил госпиталем Европы в Первую мировую войну, и когда устоял под бомбежками нацистских банд во Вторую мировую войну, дав возможность союзникам разбить армию Роммеля под Эль Аламейном и Тобруком.

Месторождения камня, легко добываемого крупными блоками, относительно редки. Там, где они отсутствовали, материалом для строительства служили глина, открывшая путь для изготовления кирпича, или песок и галька, образовывавшие наполнитель бетонов.

Исаакиевский собор Санкт-Петербурга, месторождения, давшие его камень, и его создатели

Для строительства мегалитических построек – пирамид ацтеков и майя, пирамид Древнего Египта необходимо было наличие двух необходимых условий:

1. Абсолютная власть властителя страны, не считающегося ни с чем для исполнения своих желаний. Собственно, пирамиды и были вызваны желанием показать свое величие и бросить вызов, или принести дар Богу.

2. Абсолютное рабство всего населения, дававшее неограниченное количество по сути даровой рабочей силы.

Эти два условия позволили создавать мегалитические гиганты при самом примитивном техническом уровне экономики. Последней по времени мегалитической постройкой стал Исаакиевский собор столицы Российской Империи.

В определенном смысле мегалитическими постройками можно считать и гигантские плотины гидроэлектростанций, известные как «великие стройки коммунизма». Они тоже строились в основном за счет рабского труда заключенных, хотя параллельно применялись и современные технические средства строительства.

Но главное во всех этих стройках было идентично: гигантские сооружения возводились, считай, даровым рабским трудом (те же рабы использовались в Египте, на майянских и ацтекских стройках и в России) и поэтому заботиться о техническом усовершенствовании методов строительства не представлялось нужным.

Я родился и вырос в Ленинграде (Петербурге) – первом каменном городе страны. В противоположность всем остальным русским городам, бывшим деревянными, Санкт-Петербург по замыслу основателя города Петра изначально строился как город из камня. Город самой природой был прекрасно снабжен всеми необходимыми строительными материалами. Рядом с ним расположены неисчерпаемые запасы глин, слагающих многосотметровые кембрийские (т. е. образовавшиеся в кембрийский период, 542–488 млн. лет назад) толщи. Кирпичные заводы располагались по рекам Ижоре, Тосне, Неве (у Шлиссельбурга). К 1720 году изготовлялось около 10 млн. штук кирпича в год *(История каменного строительства)*.

Санкт-Петербург – первый в России город камня. Воплощением города являются гранитные набережные Невы и, главное, – символ города, его главный собор – Исаакиевский (Исаакий). Прекрасное, полное и всестороннее описание каменного убранства города дают работы выдающегося минералога А. Г. Булаха и его учеников *(Булах, 1999; Булах, Абакумова, 1997; Булах, Гавриленко, Рундквист, 1988)*. Так что нам нет надобности повторять их.

Стать городом камня Санкт Петербург смог благодаря уникальному сочетанию месторождений строительных материалов – строительного известняка, «путиловского камня», синей глины, давшей неисчерпаемые запасы материала для кирпичных заводов, и, наконец, финского гранита, определившего архитектурный декор города.

Санкт-Петербург смог стать городом камня в связи со своим положением близ границы Балтийского щита и кратона Русской платформы. Здесь располагаются выходы полосы толщи синих кембрийских глин, древнейшей толщи осадочного чехла Русской платформы (кембрийский период с 541±1.0 до 485±1.9 млн. лет), обеспечившей потребности кирпичных заводов, снабжавших все стройки города на протяжении всей его истории. Разработки глин можно вести везде в пределах этой полосы, так что всю полосу выходов кембрийских глин можно рассматривать как одно сплошное месторождение.

Добыча глин издревле производится в городе Никольское близ станции Саблино. Здесь же находятся основные заводы по переработке синих глин. Потребность в кирпиче из синих глин растет. В декабре 2012 года состоялась закладка нового крупнейшего в России кир-

пичного завода. Производственная мощность его составит 160 млн. штук кирпича в год *(12-12-2012)*. Из глин здесь производят строительный, облицовочный кирпич, керамическую плитку, керамзит. На заводе Ленстройкерамика, кроме того, производят порошковую и гранулированную глину, которую используют для кладки печей и в скульптурном деле. В последние годы глины широко используются в терапевтических целях для лечения широкого спектра заболеваний от кожных до онкологических *(Натальин)*. Кембрийские глины перекрыты толщей известняков ордовикского возраста (т. е. образовавшиеся в ордовикский период 488–443 млн. лет назад). Недалеко от города при впадении Волхова в Ладогу находились каменоломни так называемого «путиловского камня», поставлявшие серо-желтый плитчатый известняк, шедший на мощение улиц, отделку зданий и производство извести. Название «путиловского» он получил по имени поселка Путилово, где находились первые главные карьеры, дававшие наибольшее количество плит *(Путиловская плита – первый камень Санкт-Петербурга)*.

Из путиловского камня делались плиты мостовых, лестницы, отделывались фасады домов. Из этого камня сделаны крепостные стены Таллина и других городов Прибалтийских стран, памятные всем, кто бывал в Таллине, башни Длинный Герман и Толстая Маргарита. Еще с XI века из него строились здания православных храмов. Тогда же он шел на строительство крепостных стен Копорья, Иван-города, Нарвы. В Петербурге он широко использовался в годы царствования Петра I, Екатерины I, Елизаветы. «Не жалко земли, жалко Путиловской горы», – говорил Петр I. Из него делали фундаменты зданий, цоколи, стилобаты, лестничные клетки, плиты для балконов, тротуаров, укрепления набережных. Камень добывали в открытых карьерах, расположенных рядом с городом. Путиловская плита доставлялась в Петербург на баржах по Волхову, Тосне и затем по Неве.

Из этого камня построены стены Летнего дворца Петра, дворца Меньшикова. Каменоломни, из которых добывался этот камень, находились у южного берега Ладоги, в долинах рек Поповка, Тосна, Славянка.

Наконец, на эродированной поверхности пород осадочного чехла располагаются рыхлые четвертичные отложения (1.8 млн. лет или моложе), ледниковые и флювиальные отложения на окраине ледникового щита, покрывавшего Фенноскандию. Это морены и флювиогляциальные отложения, давшие неисчерпаемые запасы песков, гравия и валунов. Один из таких валунов-гигантов стал подножьем памятника Петру I.

Но главным камнем Петербурга, создавшим его неповторимый облик, был гранит. Это был финский гранит, ввозившийся из многочисленных карьеров, расположенных в соседней Финляндии и на островах Финского залива, и известный как финский морской камень, интерлит, питерлит, выборгит. Гранит добывался в карьерах между городами Выборг и Хамина (Фридрихсхамн) и на островах Финского залива. Отсюда и его название – «морской камень». Лучшие его монолиты связаны с месторождением Питерлакс, расположенным в Финляндии близ границы с Россией.

Он известен геологам всего мира под финским именем рапакиви (в переводе – гнилой камень, поскольку из-за своей крупнозернистости он обычно легко рассыпается при выветривании). *(Luodes, Selonen, 2005)*. Характерной чертой текстуры камня является присутствие многочисленных овоидоидальных выделений калиевого полевого шпата размером 3–5 см, погруженных в мелкозернистую массу кварца, полевого шпата и слюды (см. рис 1.1.3).

Рис. 1.1.3. Гранит рапакиви – типы текстуры полированного камня: а) финский морской гранит, б) гранит из-под поселка Кузнечное, в) гнейсгранит. Рисунок Д. Доливо-Добровольского (из Булах, 1999). Текстура гранита, изображенная на рис. а и г, наиболее близка к текстуре гранитов колонн Исаакиевского собора.

Такое редкое сочетание комбинации месторождений столь разных типов строительного камня объясняется положением города в месте, где докембрийские, то есть образовавшиеся более 600 миллионов лет назад ингенсовно дислоцированные кристаллические породы Балтийского щита (граниты, гнейсы, кристаллические сланцы) погружаются под почти горизонтально залегающие осадочные толщи Русской плиты, имеющие палеозойский и мезозойский возраст (моложе 600 миллионов лет). Первый комплекс пород выходит на поверхность на севере Карельского перешейка, у Приозерска или на западе его – в районе Выборга.

Породы осадочного покрова налегают на поверхность дислоцированных пород фундамента с резким угловым несогласием. Погружение толщ покрова в сторону от границы щита происходит не равномерно, а осложняется резкими флексурными перегибами. Это привело к образованию довольно широких полос выходов, в пределах которых распространены толщи определенного возраста. Это дало возможность для локализации в пределах таких полос целой серии месторождений каменного сырья, связанных с этими толщами (синих кембрийских глин, ордовикских известняков), связанных с определенными толщами покрова платформы.

Воды, в обилии поставляемые тающими ледниками, переоткладывали рыхлые обломки подстилающих пород, образовали моренный рельеф и послужили источником неисчерпаемых запасов песков и гравийного материала, а сдержавшиеся в них валуны и глыбы кристаллических пород дали материал для бутового камня, легшего в фундаменты зданий и сооружений.

Гранит, можно сказать, национальный камень и символ этой замечательной страны, Финляндии, по сей день дающей 2 % мировой его продукции. Она была присоединена к России в 1809 году. Поставки финского гранита в Петербург были в 1811 году освобождены от налоговых пошлин, что сыграло немаловажную роль в экономической осуществимости облицовки Невы и отделки гранитом петербургских дворцов и храмов.

Именно этим гранитом сложены огромные мега-блоки колонн символа Санкт-Петербурга, Исаакиевского собора. Монолиты были высечены на Питерлакском месторождении гранитов в Финляндии.

История строительства Исаакиевского собора представляет собой прекрасный пример «открытия» и освоения месторождения гранита рапакиви. Сам Исаакий с его монолитами гранитных колонн предстает перед нами, как созданное в XIX веке последнее мегалитическое сооружение в истории. Питерлакское месторождение было известно задолго до того, как оно стало использоваться для добычи гигантских блоков для колонн Исаакия. Но потребовался гений создателя проекта собора и его строителя Огюста Монферрана, чтобы увидеть в Питерлакском граните его эстетическую красоту и оценить по достоинству монолиты по размерам, подходящие для сооружения собора. Нужен был инженерный гений испанца на русской службе А. Бетанкура, чтобы организовать его добычу и доставку монолитов к месту стройки в Санкт-Петербург, нужно было замечательное умение крепостных каменщиков во главе с С. К. Сухановым, чтобы обработать этот камень и водрузить колонны на место.

По настоящему эра широкого использования гранита в строительстве в Санкт Петербурге началась с восшествия на престол Екатерины II. Она взошла на трон в результате переворота 9 июля 1762 года. А уже через 10 дней, 17 июля, был издан рескрипт, по которому выделены средства на облицовку набережных Санкт-Петербурга гранитом. Таково было значение, придаваемое преобразованию вида столицы Империи.

Гранит добывался в двух карьерах на расположенных в 5 км друг от друга островах «Я застала Петербург деревянным, а оставляю каменным», – говорила она в конце царствования. Именно в это время в строительство Петербурга буквально «ворвался» финский гранит. Он использовался как идеальный бутовый камень для фундаментов домов. Но, главное, он был использован для строительства гранитных набережных Невы, ее притоков и каналов в городской черте. В 1763–1767 годах под руководством любимца Екатерины, архитектора Ю. М. Фельтена, начал осуществляться грандиозный инженерный проект по облицовке набережных. Первым был участок между Зимней канавкой у Зимнего Дворца и Марсовым Полем. Тут же был построен и каменный арочный мост через Зимнюю канавку. За ним последовала серия мостов через Фонтанку. В 1803–1820 годах была облицована набережная Васильевского острова, в 1784–1887 годах тем же гранитом были облицованы стены Петропавловской крепости. Из него создавались постаменты памятников, начиная со знаменитого Гром-камня – огромного валуна, сложенного тем же рапакиви и ставшего основанием Медного всадника, и кончая постаментами памятников Барклаю де Толли и Кутузова у Казанского собора.

После присоединения Финляндии к России товары, в том числе и строительные материалы, из нее стали ввозиться беспошлинно. Одновременно царское правительство отменило налоги с горных разработок в Финляндии *(Булах, 1999)*.

Гранит месторождений, поставлявших рапакиви для отделки Исаакиевского собора, уникален, поскольку в противоположность названию рапакиви – «гнилой камень» тут залегали огромные, лишенные трещин, монолиты гранита. Главное требование к месторождению состояло в том, чтобы гранит не был бы трещиноват и, вопреки своему названию, должен был быть устойчивым к выветриванию. Важно было и то, что месторождения должны были располагаться в удобных для транспортировки местах. Именно такое месторождение и было найдено относительно недалеко от Выборга (на территории Финляндии). Месторождения были обнаружены приказчиками купца И. Шохина на Геваниемском мысу, где и был заложен уникальный Питерлакский карьер. По приглашению Шохина месторождение посетили О. Монферран и С. Суханов. Они признали здешний гранит пригодным для стройки и отделки предполагавшегося собора. Именно поэтому Монферран и использовал этот камень в победившем на конкурсе проекте собора. С этого момента Питерлакское месторождение и стало месторождением.

Крупнейшей постройкой Петербурга, в которой использован рапакиви, является Исаакиевский собор. Он назван по имени Исаакия Далматского, в день которого родился Петр I.

Нынешнее здание собора уже четвертое по счету *(см. Булах, Абакумова, 1997)*. Он строился 40 лет и был открыт в 1858 году в преддверии двухсотлетнего юбилея со дня рождения Петра I. Построен он по проекту французского архитектора Огюста Монферрана, занявшему первое место на конкурсе. А. Дюма назвал Монферрана «Микеланджело севера». Монферран проектировал Исаакиевский собор в традиции крупнейших сооружений такого рода в Европе.

Общий вид собора показан на фотографии (см. рис. 1.1.3).

Рис. 1.1.3. Общий вид Исаакиевского собора. (Из Исаакиевский собор)

Техника добычи и обработки гранита была самая примитивная, все делалось вручную. Применяемая техника ничем по уровню не отличалась от техники строительства египетских пирамид. Основой и там и там был рабский труд. А ведь вес монолитов колонн Исаакиевского собора во много раз превышал вес блоков египетских пирамид. Соответственно, большим должно было быть и мастерство гранильщиков камня – бригады вологодских мастеров под руководством Самсона Ксенофонтовича Суханова. Он прибыл в Петербург из родной Вологды и работал в артели своего шурина (брата жены), строившей Михайловский замок, после чего организовал собственную артель, создавшую ростральные колонны, колоннаду и скульптуры Горного Института, Александрийскую колонну и даже постамент памятника Минина и Пожарского в Москве *(см. Самсон Суханов, Суханов Самсон Ксенофонтович, Зайцев. Участие вологжан в строительстве Петербурга)*. Гениальная кисть В. Тропинина сохранила нам образ этого самородка (см. рис. 1.3.4). Конечно, в такой гигантской стройке, как Исаакиевский собор, Самсон Суханов играл роль руководителя всех каменных работ. Об объёме и сложности его работы говорит то, что общее число рабочих, занятых на строительстве собора, составляло 125 тысяч человек.

Рис. 1.1.4. Самсон Суханов. С портрета В. Тропинина (деталь) (Из Самсон Суханов)

Самой яркой чертой собора являются ряды колонн из цельных блоков финского гранита рапакиви (см. рис. 1.1.5).

Рис. 1.1.5. Ряды колонн из монолитов рапакиви в портике Исаакиевского собора

Общее количество их 48. Высота колонн 17 метров, диаметр – 1.85 метра, вес каждой колонны 114 тонн. Стены собора возводились из рускеальского мрамора. Однако он оказался нестойким к выветриванию и крошился. Поэтому уже в 1870–1890 годах многие его плиты были заменены мрамором «барделио», добывавшимся в Италии близ Серравензы. Иконостас вырезали из белого мрамора, добытого в карьерах Винкарелла, Фальковия и Альтесимо. По первоначальному плану Монферрана колонны в алтаре должны были быть сделаны из зеленой сибирской яшмы, но в 1836 году на Медно-Руднянском руднике на Урале была найдена огромная глыба малахита, и было решено использовать для колонн алтаря этот камень. Учитывая значимость собора, для него не жалели каменного материала. Монферран мог выбирать любые цветовые гаммы из самых ценных пород камня. Статус Исаакиевского собора, как главного православного храма столицы империи, давал Монферрану неограниченную возможность выбора для строительства собора любых самых замечательных видов цветного камня. И он в полной мере использовал эту возможность. Можно сказать, что в вопросах внутренней отделки собора он выступал как своего рода композитор, оркеструющий цветовую гамму, выбирая наиболее подходящие для отделки собора разновидности камня. Две центральные колонны иконостаса высотой 4.9 метров и диаметром 0.41 метра облицованы бадахшанским лазуритом по методу «русской мозаики». На краю боковых приделов иконостаса также из пластинок лазурита выложен излюбленный древнегреческий орнамент – меандр, или «бордюр a la greque». Ступени к алтарю и нижняя часть иконостаса вытесаны из темно-красного шокшинского порфира («шиханского порфира»). Из него же сделан карниз, венчающий каменный декор всего интерьера. Пол по периметру собора окаймлен плитами этого кварцита. Пол составлен из расположенных в шахматном порядке плит темно-серого рускеальского мрамора. Центральная часть пола под куполом собора представляет великолепную мозаику в форме огромного круга, называемого «розеансом», то есть розой, набранную из розового и вишнево-красного мрамора и обрамленного «бордюром a la greque».

По описанию А. Булаха и Н. Абакумовой *(1997)*, нижняя часть стен и громадных пилонов выложена плитами черного аспидного сланца. Стены украшены пилястрами и колоннами из светло-розового и вишнево-красного тивдийского мрамора. Всего внутри собора 8 колонн и 172 пилястры, полу- и четверть-пилястры из карельских мраморов. Колонны и пилястры теплого светло-розового цвета каннелюрованы, а темные вишнево-красные

пилястры гладкие. В некоторых плитах, например в юго-западном углу собора нежно-розовый цвет мрамора постепенно переходит в темный вишнево-красный, а иногда камень становится пепельно-розовым, почти серым. Под пилястрами в рамках из белогорского мрамора расположены круглые медальоны и узкие фигурные доски, изготовленные из хорошо отполированной соломенской брекчии. В углублении между пилястрами в стены вставлены огромные плиты из разноцветного импортного мрамора: зеленого генуэзского или «verde di Levanto», или красного – «rosso di Levanto», желтого сиенского. Настенные иконы орнаментированы резным белым итальянским мрамором, а под ними находятся большие доски из ярко красного французского мрамора – гриотто, в котором выделяются белые округлые пятна окаменелых раковин. В целом создается впечатление, что Монферран оркестровал симфонию красок отделочного камня.

Обычный вид ряда портиков – ряды коричневых колонн. Главное, на что пошел этот камень – облицовка набережных Невы *(см. выше)*. Но мне, да, наверное и всем ленинградцам, этот ряд запомнился своим зимним видом, когда в сырые ленинградские погоды колонны покрывались крупными хлопьями сверкающей изморози, придающими им общий облик волшебных сверкающих белым цветом столбов.

Тут же внутри собора стоит бюст великого архитектора, украшенный всеми типами использованного в соборе цветного камня (см. рис. 1.1.6).

Рис. 1.1.6. Выполненный из цветных камней бюст создателя Исаакия О. Монферрана, стоящий в соборе, работы скульптора А. Фолетти.

Привозимый в Петербург со всех концов мира камень обрабатывался на Петергофской гранильной фабрике. Именно здесь изготовлялись прекрасные вазы и столешницы из драгоценных видов цветного камня для императорских дворцов и соборов. Неудивительно, что за более чем 200 лет работы фабрики здесь накопилось огромное количество отходов, – всех видов яшм, сердоликов, мраморов, порфиров, лазурита, и вообще всех мыслимых видов цветных камней, которые могли бы украсить любой музей мира. Сюда-то мы и ездили по воскресеньям и возвращались, сгибаясь под тяжестью рюкзаков, перегруженных образцами для школьного кабинета географии и своих домашних коллекций и музея в кабинете географии нашей 210 школы. Здесь мы впервые проходили школу понимания красоты камня и любви к нему.

Условия добычи ярче всего переданы в приводимой в работе А. Булаха *(1999)* записке академика В. Севергина: «Для добывания Суханов ищет слой камня, приличного по длине, толщине требуемой колонны, проводит по оному прямую борозду, означающую черту, по коей камню должно расколоться. Буравит по этой черте дыры, аршина на полтора расстоянием одну от другой, глубиною во всю толщину слоя, и столь широкие, чтобы между которыми вкладываются железные клинья. Таким образом, поставя по обе стороны сто или полтораста человек с молотами, заставляют вбивать клинья в один взмах, и после нескольких

повторенных ударов откалывается предназначенная масса. Обтесывание гранитных масс как на месте добывания, так и в Петербурге, производится весьма просто, посредством не более почти как троякого рода молотов. Большим из них, откалывая излишние части, сообщают потребный вид массе, молотом средней величины сравнивают, а меньшим, остроконечным, сглаживают». Полирование производили так: «сначала обтирают колонны песчаным камнем при беспрестанном притечении воды, а потом полируют рукой посредством пемзы, оловянного пепла и трепела».

Техника, как видим, почти во всех основных деталях не отличающаяся от приемов строительства египетских пирамид, при той только разнице, что вес монолитных глыб, употребляемых при строительстве Исаакия, был намного больше веса глыб, использовавшихся при строительстве пирамид. Намного большим было и расстояние, на которое транспортировался этот материал, по сравнению с другим гигантским мегалитическим строительством Стоунхеджем в южной Англии, куда камень доставлялся из Корнуолла и Уэльса.

К счастью для нас, потомков, все детали строительства сохранились в виде зарисовок Монферрана, помещенных в изданных им альбомах. Первый такой альбом под названием «Петербург» был издан в 1820 году и был в основном посвящен проектам Исаакия. Второй альбом был издан в 1836 году и был посвящен строительству Александрийской колонны. В нем Монферран поместил зарисовки всего процесса строительства собора и колонны от добычи камня в Питерлаксе, его транспортировки в Петербург, подъема монолитов колонн.

Огромные проблемы возникали с отделением монолитов гранита. Монферран пишет: «Таким образом без малейших толчков и сотрясений отрезанная от скалы глыба осталась покоиться на своей нижней плоскости… Чтобы примкнуть ее, пришлось установить на гребне скалы десять рычагов из бронзовых стволов, а также два железных рычага; у подножья глыбы соорудили мощный помост с наклонной плоскостью, на которую настлали срезанный кустарник *(по Чекановой и Ротач, 1990)*. Гранитная глыба, мерно покачиваясь, отделилась от гранитного массива, чтобы навек опуститься на приготовленное ей из зеленых ветвей ложе». Добыча монолитов гранита в Питерлакском карьере показана на рис. 1.1.7.

Рис. 1.1.7. Добыча гранитных монолитов в Питерлакском карьере. Рис. О. Монферрана.

Транспортировка гранитных монолитов на баржах показана на рис. 1.1.8.

Рис. 1.1.8. Суда, везущие гранитные глыбы в Петербург из Питерлакса. Литография Алара по рисунку Монферрана (цитируется по Чекановой и Ротач, 1990). Видны бугшприты двух судов, между которыми зажата баржа, перевозящая монолиты гранита.

Рис. 1.1.9. Перекатывание монолитного цилиндра гранита с баржи на набережной Невы (рисунок О. Монферрана из Чекановой и Ротач, 1990).

Не меньшие трудности возникали и в процессе транспортировки гранитных монолитов. Как писал О. Монферран: «Напрасно пытался подрядчик установить равновесие путем перемещения гранитных блоков. В конце концов он вынужден был пуститься в путь, сопровождаемый по обе стороны судна двумя пароходами, ведущими его на буксире» (рис. 1.1.8).

Каждую поднятую колонну надо было опускать с такой точностью, чтобы ее ось совпала с осью базы, а интервалы между колоннами были бы совершенно равными. Это условие удалось выполнить с удивительной точностью (рис. 1.1.10).

Рис. 1.1.10. Установка колонн Исаакиевского собора. Рисунок О. Монферрана

Нельзя не сказать, что технически строительство собора почти во всех деталях – от добычи, обработки и транспортировки гранитных монолитов до возведения стен собора и подъема гранитных колонн и возведения огромного золоченого купола собора, представляло собой серию труднейших инженерных задач. Для укрепления болотистого грунта в фундамент собора вбили гигантское количество свай, глыбы от карьера до Санкт-Петербурга

везли на специальных баржах. Сложнейшие проблемы прочности купола собора, созданного из металла, были решены лично Монферраном. При изготовлении скульптур впервые была использована только что изобретенная гальванопластика.

И, наконец, устанавливали колонны в портиках собора под руководством С. Суханова и А. Шохина при помощи кранов по методу, разработанному А. Бетанкуром, военным инженером, прошедшим школу в Испании, Франции, Англии. «Из Гродно прибыл генерал гишпанской службы Петанкур и живет в трактире Париж». Так говорила о его прибытии газета «Санкт-Петербургские ведомости» от 19 ноября 1807 года.

В сведениях об этом замечательном человеке все двоится. В одном из интернетных изданий он назван лейтенантом (попросту было потеряно слово генерал в его генерал-лейтенантском чине, в котором он окончил службу!), хотя «генерал гишпанской службы», конечно же, лейтенантом быть не мог *(Бетанкур Августин Августинович)*.

Как видно уже из приведенной ссылки, имя его в России было русифицировано. Он стал здесь Августином Августиновичем. Его полное имя звучит по-испански гордо: Хосе Педро дель Кармен Доминго де Канделария де Бетанкур и Молина. Изменен и год смерти. В упомянутой уже работе А. Булаха *(1999)* говорится, что он умер в 1827 году, хотя реальный год его смерти 1824. Он прошел инженерную школу во Франции и Англии и был, что называется, «инженер от Бога»: с одинаковым успехом и изобретательностью строил оптический телеграф между Мадридом и Кадиксом, перестраивал Тульский оружейный завод, «пушечный литейный дом» в Казани, московский экзерциргауз (Манеж), гостиный двор для Нижегородской ярмарки, здание Александровской мануфактуры, улучшил старое здание Экспедиции заготовления государственных бумаг (где он лично придумал большую часть машин). В Петербурге он в 1816 году был назначен председателем комитета о городских строениях и был им вплоть до своей смерти в 1824 году. Под его руководством был построен первый в Петербурге наплавной Исаакиевский мост через Неву (на месте которого стоит нынешний Дворцовый мост). Его проекты, как работы истинного инженера, были обращены в будущее. По его инициативе был основан Институт корпуса инженеров путей сообщения, выпускники которого проектировали и строили первые железные дороги России. Именно ему был представлен только что прибывший в Россию молодой французский архитектор О. Монферран.

Ко времени установки монолитов колонн собора Бетанкура уже не было, но Монферран широко применял его изобретения: специальные приспособления для подъема больших тяжестей, механизмы для забивки свай и укладки гранитных блоков и специальные строительные приспособления для подъема тяжестей. Абсолютно новым в строительной технике было применение при возведении собора чугуна, железных стропил, металлических связей, устройство сложных лесов. Как уже говорилось, в изготовлении скульптур собора была использована только что изобретенная гальванопластика.

А. Бетанкур не мог пройти мимо сложнейших инженерных проблем, которые должны были возникнуть при строительстве Исаакиевского собора. Именно Бетанкур поручил Монферрану работу, связанную с проектом реконструкции Исаакиевского собора.

Рис. 1.1.11. Августин Августинович Бетанкур – фактический главный инженер строительства Исаакиевского собора. Бетанкур, Августин Августинович – Википедия

С именем Бетанкура связано решение большинства технических проблем, порожденных строительством Исаакия. Именно он разработал проект постановки в вертикальное положение гигантских монолитов колонн Исаакия. Монферран полностью следовал его указаниям и использовал все сделанные покойным Бетанкуром чертежи, по которым были спроектированы тележки, блоки, кабестаны и другие подъемно-транспортные устройства. Разработанный Бетанкуром метод подъема гигантских монолитных блоков колонн был настолько хорошо освоен, что подъем одной колонны занимал всего 45 минут. Этот метод был использован при установке Александрийской колонны через 8 лет после смерти его автора.

В конкурсе на проект сооружения собора участвовали крупнейшие архитекторы, работавшие в то время в России: А. Захаров (строитель Адмиралтейства), Ч. Камерон (строитель Камероновой галереи в Царском селе), Д. Кваренги, И. Руска, В. П. Стасов, Тома де Томон (создатель ансамбля стрелки Васильевского острова). Но их проекты не учитывали требований Александра I использовать существовавшее уже здание третьего Исаакиевского собора, и в 1816 году Александр I обратился к Бетанкуру с предложением вновь начать разработку проекта. Выбор Бетанкура пал на молодого, бесспорно талантливого и европейски образованного Монферрана. Он предоставил ему возможность работать в библиотеке Института путей сообщения. В 1819 году он передал Александру I альбом, в котором были переплетены двадцать четыре миниатюры составленных Монферраном проектов собора.

Многочисленные технические изобретения привели к существенному облегчению строительства. Однако сравнение с мегалитическим строительством в древнем мире невольно напрашивалось. Когда в Риме ставили вывезенный из Египта обелиск, посвященный фараону Рамзесу, над этим работало около 20000 рабочих, 40 лошадей и 800 рабочих. При установке колонн Исаакия было достаточно иметь 16 кабестанов и 8 лошадей, приводимых в движение 8 рабочими, т. е. всего требовалось 128 рабочих. Установка колонн производилась до возведения стен. Монферран обратился к чертежам к тому времени уже покойного А. Бетанкура, по которым были спроектированы и установлены тележки, блоки, кабестаны и другие подъемно-транспортные устройства.

Описывая подъем колонн, Монферран приводит слова Николая I: «Монферран, вы обессмертили свое имя». Как и строитель собора святого Павла в Лондоне К. Ренн, Монферран хотел быть похороненным в одном из подземных помещений своего детища.

Но в просьбе похоронить его в соборе наследник Николая – Александр II, его вдове отказал: «не по чину!». В этой стране, которой он отдал свое детище, он был не более чем еще одним из многих тысяч слуг. И вдова увезла его тело на родину – во Францию.

Глины древние и вечно молодые

И Мы сотворили человека из глины звучащей, из глины, облеченной в форму.
Коран, 5:26

Я начал эту тему цитатой из Корана. Глина – традиционно древнейший материал в странах Центральной Азии. То же верование в ее первичность отражает библейская история о создании Адама из глины. Геологи считают глину исходным материалом всей жизни на Земле. «Начальные почвы, покрывающие земную поверхность, увеличили производство полезных ископаемых глины и обеспечили критические геохимические процессы, необходимые для того, чтобы окислить атмосферу и поддержать многоклеточную жизнь», – говорит профессор кафедры осадочной геологии и геохимии Калифорнийского университета.

Глина – огромный класс осадочных пород, состоящих из частиц размером в несколько микрон и образующих с водой пластичную массу. Месторождения глины – едва ли не наиболее распространенные на Земле и наименее дорогостоящие по добыче. Это минеральное сырье использовалось человеком с первых шагов цивилизации и остается необходимейшим материалом во многих отраслях хозяйства сегодня. Давнее и широкое применение глины происходит не столько из-за ее доступности, но, главным образом, благодаря ее свойствам. В зависимости от входящих в их состав минералов и примесей меняются физические свойства глин и, соответственно, области их применения. О многообразии глин говорит уже тот факт, что одно перечисление ее видов занимает в геологическом словаре целых четыре страницы большого формата.

Глина самый податливый для руки мастера природный материал, способный сохранять приданную ему форму. Уже в эпоху палеолита появились фигурки животных и людей – первые поделки из глины. Все ваятели последующих эпох повторяли тот же путь – от комка глины к модели, прежде чем будущее произведение искусства предстанет в конечном обличье из мрамора, бронзы или иного материала. Существует предание, что и Родосский колосс был создан из глины и лишь облицован бронзовыми пластинами.

Во времена неолита человек умел лепить из глины посуду. Обнаружив, что побывавшая в огне глина придает изделию прочность, водо- и огнестойкость, он начал широко использовать глиняные сосуды для хранения и транспортировки жидких продуктов (воды, масла, вина), особенно в странах с жарким климатом.

Гончарный круг – одно из важнейших технических изобретений ранних эпох истории человечества. Его появление в Передней Азии стало новым этапом в технологии изготовления глиняных сосудов, позволило создавать разнообразные художественные формы. Зародилось самое древнее мастерство – гончарное. В Афинах существовал целый квартал ремесленников-гончаров «керамик» (от древнегреческого *керамос* — глина). В VI–V веках до новой эры величайшего совершенства достигло искусство вазописцев, – художников, украшавших амфоры, кратеры и другие типы сосудов классической Эллады (будь то Греция Балканского полуострова, Малой Азии или Греция Магна Южной Италии и Сицилии). Сегодня в залах петербургского Эрмитажа, нью-йоркского Метрополитен и особенно неаполитанского Национального археологического музея, возрожденные археологами, они радуют красотой и оживляют для нас мир героев Гомера и Эсхила. Материалом для этого совершенства стала простая глина из многочисленных безымянных месторождений, которые и в наши дни продолжают интенсивно эксплуатироваться. На них, по традиции, керамические фабрики Родоса и северной Сицилии создают современные копии античных образцов для миллионов туристов.

Рис. 1.1.12. Античная амфора – красно-черная керамика аттического стиля

Глина остается современным материалом во все времена. Наш быт окружают вазы, посуда, ванны, фаянсовые раковины, облицовочные плиты, декоративные произведения искусства из терракоты, майолики и прочие изделия из обожженной глины – керамики.

Наиболее совершенный вид керамики – фарфор. Каолин, глина, полевой шпат, кварц – вот компоненты фарфоровой массы, которые после обжига дают тонкий прозрачный черепок. В Китае производство фарфора началось примерно четыре тысячи лет назад и к шестому веку стало мощной отраслью экономики. В Европу фарфор пришел на тысячу лет позже, около 1725 года.

Другое важнейшее применение глина получила как сырье для изготовления кирпича. Кирпич – самый древний строительный материал. Необожженный кирпич с примесью самана до сих пор часто используется в сельском строительстве в Центральной Азии и в Африке. Широкое применение обожженного кирпича восходит к глубокой древности. Открытие процесса обжига и массовое применение обожженного кирпича дало начало созданию, возможно, древнейшей индустрии мира. Об увеличении прочности кирпича после обжига, о долговечности и нетребовательности в уходе после кладки знали строители и зодчие древних городов. Именно производство обожженного кирпича положило начало массовому строительству городов древнего мира, от Вавилона до Рима, и открыло путь к созданию городской цивилизации. Свидетельством тому служат египетские постройки II–III тысячелетия до н. э., арки, акведуки, мосты и здания древнего Рима, и такие чудеса света, как Великая Китайская стена и 900-летние бирманские храмы, купола Св. Софии, флорентийского собора Санта Мария дель Фиори и Тадж Махал, кирпичная черепица – кровля средневековой Европы, и розовый кирпичный город Тулуза из красной гаронской глины; 1800-километровая канализационная система в Лондоне и самое высокое кирпичное здание Эмпайр Стэйт Билдинг, построенное за год и полтора месяца в 1931 году.

Сегодня мы видим разнообразную продукцию, новую технику и технологию, но процесс изготовления кирпича тот же, что дошел к нам от доисторических поколений: формовка, сушка, покрытие, обжиг. И в основе всего – глина.

В древности глина служила идеальным материалом для письма. На таблички пластичной сырой глины было так же легко наносить знаки, как на папирус или на восковые пластинки, использовавшиеся для этой цели древними египтянами и греками. Но при малейшем повышении температуры воск плавился, папирус сгорал при пожарах, и все записи на этих материалах погибали, как погибла Александрийская библиотека, а глина

Рис. 1.1.13. Глиняная клинописная табличка. На таких табличках был записан миф о Гильгамеше и деловые документы шумерского и ассирийского времени.

от огня только становилась прочнее и нанесенные на ней знаки сохранились на века. Так дошла до нашего времени библиотека ассирийского царя Ашшурбанипала (668–626 гг. до н. э.), найденная в 1849 году английским археологом Лэйардом на развалинах древней Ниневии. Более 30 тысяч испещренных клинописью глиняных табличек образовывали пласт толщиной около полуметра. Почти двадцать лет ушло на расшифровку этих документов. Но когда она была закончена, перед изумленным человечеством предстал богатейший мир шумерской, вавилонской и ассирийской культуры. Глиняные страницы от бытовых и деловых документов, научных трактатов по медицине, астрономии, математике и географических карт до древнейшей шумерской эпической поэмы о Гильгамеше донесли до нас живое дыхание ушедших веков. Сейчас в музеях мира собраны сотни тысяч таких табличек. Одна коллекция Эрмитажа составляет более двух с половиной тысяч табличек. Раскопки приносят все новые и новые находки этих поразительных глиняных книг. Интенсивные исследования продолжаются и в настоящее время. Целое поле табличек возрастом более пяти тысяч лет найдено в Иране в окрестностях города Джирофт, где раскопками занимаются археологи многих стран мира, в том числе, как всегда, и американские ученые.

Насколько значительно было создание глиняных скульптур, показывает тот факт, что история сохранила нам имена первых скульпторов и дату создания ими первых фигурок *(Тэн, 1996)*. Около 689 года сикионцу (сицилийцу) Вутаду приходит в голову лепить фигуры из глины и потом обжигать, и это навело его на мысль украсить верховые щиты крыш личинами, или масками. В то же время самосцы Ройк (Рёк) и Федор стали лить по глиняному слепку фигуры из бронзы.

Рис. 1.1.14. Месторождение глины под Багдадом. Из глины этого же месторождения был построен Вавилон. (Из: Эрлих, 2006).

Но основным применением глин было и осталось производство кирпича для строительства. Оно обеспечило, в конечном итоге, создание городских цивилизаций от Вавилона до наших дней.

Естественно, что именно кирпич составил основу строительства городов античной Греции и особенно Италии. Но в последней, наряду с кирпичом, широко использовался бетон.

Рис. 1.1.15. Колизей. Символ римской цивилизации. Построен из бетона; мрамор использовался лишь как облицовочный материал. Colosseum – Wikipedia

Именно наличие огромных по запасу месторождений глин обеспечило строительство первого в России каменного города – Санкт-Петербурга (см. раздел этой главы о глинах).

Говоря о Нидерландах, уже упомянутый выше И. Тэн пишет: «В крае нет ни одного камня; под рукой только липкая земля, в которой вязли люди и лошади. Но им (жителям Нидерландов) пришло в голову пережигать ее, и вот они добыли себе кирпичи и черепицу, лучшую охрану против мокроты. Вы видите удобные и приятные постройки, стены красные, коричневые, розовые, покрытые блестящей штукатуркой белые и изразцовые фасады, иногда украшенные лепными цветами и животными, медальонами и колонками. В старых городах выходящий на улицу конек дома часто разукрашен аркадами, древесными ветвями и разной лепной работой с изображениями птиц, яблока или каким-нибудь бюстом на самом верху».

Используя разновидности природной глины, либо создавая новые смеси на ее основе, современные технологии постоянно расширяют область применения этой простой и удивительной породы. Большая доля добываемых и поступающих в продажу глин содержит каолин, который используется в целлюлозно-бумажной промышленности и в производстве фарфора, фаянса и огнеупорных изделий (как, например, фарфоровые изоляторы в электротехнике). На втором месте по важности материалом стоит обычная строительная глина и глинистый сланец; последний вместе с известняком используется в производстве портландцемента. Важное место занимает и бентонит – глина вулканического происхождения, используемая при бурении нефтяных скважин. Сукновальная глина ценится за ее отбеливающие свойства при очистке нефтепродуктов. Фильтры из нее применяют и при очистке растительных и минеральных масел. Специфические типы глин, обогащенные глиноземом, т. н. бокситы, стали лучшим сырьем для получения крылатого металла – алюминия. Глина также находит широкое применение в медицине и косметике, она входит в состав лечебных мазей. Всем известны лечебные грязи.

Мраморы Греции и Италии – символ античности

Я хочу вернуться к камню, но камню совершенно особому, с особой историей и особой ролью в Истории.

Месторождения воздействуют на историю не только добываемым сырьем, но и тем, что сами их имена и поставляемые ими материалы становятся символами стран и эпох.

Когда мы говорим об античности, о греческой и римской цивилизации, первое, что возникает перед нашим умственным взором, это строения и скульптуры из мрамора.

Мрамор образуется при перекристаллизации осадочных известняков под действием высокой температуры и давления. Исходные известняки, породы осадочного происхождения, имеют мономинеральный состав: они состоят из зерен одного минерала кальцита $CaCO_3$, иногда с примесью доломита $CaMg(CO_3)_2$. Переход от известняка к мрамору обычно не сопровождается изменением химического состава породы. Просто в ходе перекристаллизации исходный известняк приобрел зернистость. Чтобы известняк стал мрамором, отделочным камнем, надо, чтобы он выдерживал строгие кондиции. Порода не должна быть трещиновата, не должна содержать примесей чужеродного обломочного материала. Мрамор должен быть равномерно зернистым, то есть кристаллы кальцита и доломита должны быть практически одного размера.

Всем известны мраморные храмы Греции. Маленькая Греция обладает наибольшим разнообразием мраморов в мире. Можно сказать, что вся страна стоит на мраморе. Высшим воплощением древней Эллады, безусловно, является прекрасный Парфенон. Он высится на скале акрополя над хаосом современных Афин, парит над сутолокой скучного, лишенного зелени, бетонного города. По вечерам его подсвечивают, и он сияет мягким кремовым тоном. Он сияет и днем, без всякой подсветки, такова фактура слагающего его камня – белый и чуть кремовый, кажется, что он сам излучает свет. Парфенон строился из мрамора с горы Пентеликон, расположенной в 10 милях к северу от Афин, где мрамор скрытокристаллический, равномернозернистый и почти лишен примесей. В античной Греции мрамор широчайшим образом использовался в строительстве культовых зданий – храмов, амфитеатров и в скульптуре. Мраморные колонны Парфенона весят до 12 тонн. Из мрамора были созданы колонны в храме Артемиды в Эфесе, считавшегося одним из семи чудес света. Мрамор из того же месторождения Пентеликон служил материалом таким мастерам, как Фидий и Пракситель. Использование этого мрамора дало возможность существования школы скульптуры в Фасосе (Thasos), которая подарила миру скульптурные шедевры: Гермеса Праксителя, Афродиту Милосскую, Нику Самофракийскую. В Элладе было много других месторождений прекрасного отделочного мрамора: Паросский мрамор с одноименного острова, использовавшийся при строительстве Галикарнасского мавзолея, мрамор с островов Наксос и Тинос, Химметианский мрамор Аттики, который вывозился в Рим для строительства арки Траяна.

Рис. 1.1.18. Парфенон – символ эллинской культуры, построенный из мрамора месторождения Пентеликон.

Греки античности прекрасно осознавали, что мрамор является символом их цивилизации. Само слово мрамор (*marmaros* по-гречески, от корня – *marmarein*) означает «сияющий», да и само название древней Греции «Эллада» связано с мрамором (от *Hellas* – «сияющий камень»).

Обычно мы не делаем различия между использованием камня (в данном случае мрамора) строительного и как отделочного материала в античной Греции и древнем Риме. Это в корне неправильно. Для меня было большим разочарованием увидеть, что все римские сооружения строились из кирпича или бетона и только снаружи покрывались тонкими плитками мрамора. Зато цельный мрамор в Риме широко использовался в скульптуре. Для некоторых наиболее важных сооружений римляне даже привозили мрамор из Греции. Знаменитые месторождения Тосканы Масса, Каррара, и Пиетра Санта в 50 милях к западу от Флоренции начали разрабатываться в III веке до нашей эры. В отличие от пентеликонского мрамора, мрамор Каррары равномернозернистый, мелкозернистый, но зернистость отчетливо выражена. Он был любимым материалом лучших скульпторов эпохи Возрождения, таких как Донателло и Микеланджело. Этот мрамор использовался в колонне Траяна и в скульптуре Аполлона Бельведерского. Именно из него созданы все творения так называемого «позднего римского портрета». Когда входишь в зал музея Dei conservatori на римском Капитолии и оказываешься окруженным полками с бюстами римлян, создается впечатление, что тебя окружают живые люди конца империи. Оглядываешься с восторгом – «пришел на форум, там полный кворум».

Добыча мрамора и сегодня составляет одну из важнейших отраслей промышленности Греции. Доля греческого мрамора на рынке в последнее время увеличилась вдвое. Страна в начале XXI столетия производит более 2.0 миллионов тонн мрамора в год. Одновременно возросла доля в общей продукции обработанного камня. Производительность камнерезных установок составляет 2.5 млн. тонн в год. В 1989 году 25 % экспорта составляли необработанные блоки, но уже в следующем году их доля упала до 20 %. В мраморной промышленности занято более 50 000 человек. Добычей мрамора занимается 3500 компаний.

Основные итальянские мраморные рудники располагаются в провинции Верона в Апуанских Альпах. Всего здесь около 500 рудников, на двухстах из которых занято более 1000 человек, включая самый знаменитый в мире Каррарский мраморный рудник. Еще 5 тысяч человек работает в компаниях, которые обрабатывают мрамор. Общая стоимость годовой продукции составляет 1.2 млрд. евро в год. Особое значение имеет добыча высокоценных, декоративных мраморов – от классического красного мрамора, в течение двадцати столетий украшающего Веронскую Арену, до черного мрамора Роверс и желтых и розовых мраморов Лессинии. Общая годовая продажа этих мраморов составляет 2 миллиарда евро, из которых 20 % поступает с иностранных рынков. На протяжении столетий Апуанские рудники являлись несравненной мировой школой добычи и обработки мрамора.

В Штатах лучший мрамор добывается в Колорадо недалеко от города Аспен. Именно отсюда добыт белый мрамор, из которого были созданы монумент в Линкольновском мемориале в Вашингтоне, могила неизвестного солдата на Арлингтонском кладбище и облицовка сотен домов в столице. Во времена расцвета добычи мрамора здесь жили и работали тысячи людей. Это был третий по размерам промышленный город в Колорадо. После закрытия рудника в конце 50-х годов XX столетия он превратился в еще один город-призрак в 17 милях к юго-западу от процветающего лыжного курортного Аспена.

Пемзы Ильинского месторождения (юг Камчатки)

Когда катер, идущий с Сицилии, подходит к острову Липари, первое, что видишь – плавающие острова пемзы диаметром 50 – 200 метров. Это – ссыпающиеся в море остатки

с загрузочного терминала, грузящего пемзу на суда, везущие ее к потребителю – в страны Северной Европы. Здешнее месторождение пемз – одно из крупнейших в мире. Перевозка морем вокруг всей Европы входит в стоимость продукта, и разработка даже с учетом этого считается рентабельной.

В СССР пемзы широко использовались в Армении и на Северном Кавказе для получения легких конструкционных бетонов, используемых при строительстве мостов, перекрытий, гидротехнических сооружений.

Крупнейшее в мире Ильинское месторождение пемз располагается на юге Камчатки. Его образование связано с образованием кальдеры Курильского озера *(Белоусов, Белоусова, 1990)*.

Приводимый ниже материал характеризует два подхода к маркетингу этого гиганта.

Пемзовые месторождения Южной Камчатки так огромны, что принадлежность их к разряду месторождений была очевидна без проведения подсчета запасов *(Пемза)*.

На их примере хорошо видно, во что упираются проблемы маркетинга. Огромный масштаб месторождения, и в то же время характер залегания пемз прямо на поверхности, исключают необходимость подсчета запасов. При этом сколько-нибудь значительная потребность в большом объеме в связи с небольшими мощностями строительной индустрии Камчатки отсутствует.

В связи с этим надо рассмотреть статью В. Н. Федореева, основанную на беседе с министром природных ресурсов Камчатки Ю. А. Геращенко *(2008)*. Статья эта производит странное впечатление, поскольку непонятно, к кому она обращена. Ведь, скажем, потенциальная нефтеносность Камчатки хорошо известна, и вопрос состоит лишь в том, чтобы создать российским или западным компаниям условия для широкого проведения разведочного бурения на нефть и газ. То же можно сказать о геотермальных месторождениях. Но конкретные проблемы и трудности, осложняющие строительство геотермальных станций, не обсуждаются. Попросту перечисляются уже построенные станции и говорится, что есть хорошие шансы построить ряд новых. Коренной вопрос о привлечении иностранных инвесторов к разработке недр Камчатки не обсуждается вообще. Я был последний раз на Камчатке в составе комиссии, посланной банком Париба (*Paribas*) для проверки наличия экономических условий для разработки Агинского золоторудного месторождения. Мы подтвердили наличие мощностей в камчатском морском порту, энергетических возможностей, способных обеспечить разработку месторождения, и строительной техники, которую можно использовать. Подтвердили и высокое качество разведочных работ, характерное для российской геологической службы. Можно было быть уверенными, что на этот раз, после долгих лет переговоров, деньги на строительство будут выданы. И тут правительство России объявило дефолт, – другими словами, отказалось платить долги. Весь проект рухнул. Обо всем этом ни слова. О пемзовом гиганте – Ильинском месторождении упоминается лишь мельком. О проблемах, связанных с его освоением, ни слова. Естественно было ожидать, что в таком обращении к общественности министр расскажет, что собирается делать администрация, чтобы привлечь инвесторов (не важно каких – российских или иностранных). Но об этом ни слова нет.

Первое описание Ильинского месторождения пемз было сделано в 1931 году геологом Г. А. Дягилевым. По советской традиции два года спустя Дягилев был арестован, судим (по делу об автономии Камчатки) и, по всей видимости, расстрелян. В 1955 году он был реабилитирован. Месторождение огромно, и его принадлежность к категории месторождений (а не рудопроявлений) и месторождений мирового класса была видна изначально. Пемзы лежат прямо на поверхности, образуя потоки мощностью десятки метров. Общие запасы пемзы по категориям А+В+С оцениваются в 144 млрд. м^3. В упомянутом выше материале министр природных ресурсов Камчатки Ю. Геращенко *(2008)* лишь мельком упоминает об этом бесценном гиганте 8. На другом сайте сообщается, что на нем в настоящее время проводится

разведка и что пемзы этого месторождения будут обеспечивать строительную индустрию всего российского Дальнего Востока. Это можно понять лишь так, что порт для вывоза пемз будет построен.

Естественным потенциальным потребителем пемз района Курильского озера является Япония. Разработка месторождения может стать рентабельной только после постройки терминала-порта на восточном побережье Южной Камчатки, специально приспособленного для погрузки пемз на суда. Вывоз камчатских пемз дал бы индустрии Японии дешевое сырье, и в то же время освободил бы от необходимости разрушения почти обожествляемой японцами природы своей страны. Япония же может обеспечить финансирование строительства порта и карьера для разработки пемз. Этот вопрос будет рассмотрен в главе 2.6.

Рис. 1.1.19. Кутхины Баты. Обнажение пемз близ устья реки Озерной на Южной Камчатке, связанных с последними фазами образования кальдеры Курильского озера (фото В. И. Белоусова).

Надо ли говорить, что «первооткрывательство» оформлено не было. В соответствии с существующими правилами месторождения вообще не существовало, поскольку разведка не проведена, а запасы не были подсчитаны.

Признанный специалист по разного рода нерудным полезным ископаемым, В. В. Наседкин широко известен за пределами России. Неудивительно поэтому, что он руководил проведением двух международных конференций по изучению месторождений нерудных полезных ископаемых, на которых хозяева месторождений представляли свои материалы потенциальным инвесторам.

Цель всех этих мероприятий была одна – представление материалов потенциальным инвесторам. В. В. Наседкин выступал в роли типичного «промоутера». Ничего унизительного в этом не было. Обычная в западном мире «операция» по получению денег на развитие производства.

Литература

Белоусов В. И., Белоусова С. П., 1990, Географическая обстановка формирования вулканогенных пород Курильского озера. Вопросы географии Камчатки, вып. 10, с. 73–80.

Бетанкур Августин Августинович.

Булах А. Г., 1999, Каменное убранство Петербурга (этюды о разном). СПб.: Сударыня, 150 с…

Булах А. Г., Абакумова Н. Б., 1997, Каменное убранство Петербурга (город в необычном ракурсе). СПб.: Сударыня, 144 с.

Булах А. Г., Гавриленко В. В., Рундквист Н. Д., 1988, Гранит рапакиви в монументах и набережных старого Петербурга как исторический символ города // Минерал, № 1, с. 81–86.

В Ленинградской области открылся новый кирпичный завод 12–12 – 2012.

Голубая глина.

Зайцев Г. Н. Участие вологжан в строительстве Петербурга (первая половина XIX века).

Исаакиевский собор.

Милос.

Натальин Н. А. Саблино – природная жемчужина окрестностей Санкт-Петербурга.

Пемза.

Первые набережные Невы.

Путиловская плита – первый камень Санкт-Петербурга.

Самсон Суханов.

Чеканова О. А., Ротач А. А., 1990, Огюст Монферран. Л.: Стройиздат, Ленинград. отд., 223 с.

Bezzina J., 2004, The Gigantia Temples, M. J. Productions, 2004.

Luodes H., O. Selonen, 1991, Природный камень. Развитие отрасли природного камня Финляндии.

Глава 1.2. Месторождения галита

Среди необозримого числа природных химических соединений, именуемых солями, мы рассмотрим три группы минералов, различных как по составу, так и по областям применения: галит; пищевая, поваренная соль (хлорид натрия, NaCl, или Хлорид калия (KCl) или сильвинит.

Калий-магниевый хлор-гидрат ($KMgCl_3 \times 6H_2O$) или карналлит, Пищевая соль – потребность всего живого, и разработки ее месторождений начались, что называется, на заре времен. Две другие группы солей стали одной из основ, из которых зародилось производство минеральных удобрений и химическая промышленность (см. главу 1.9 этой книги).

Соль изначально играла важнейшую роль как продукт питания еще со времен начала формирования вида Homo Sapiens. Известно, что животные (в частности олени, зубры) жадно ищут солончаки. Отсутствие соли в рационе первобытного человека неизбежно привело бы к самым серьезным последствиям. Результат, к которому привело бы человека отсутствие достаточного количества соли в продуктах питания, виден из высказывания российского писателя и историка первой половины XVIII века И. Т. Посошкова. В связи с тем, что количество солеварен из-за непомерного налогообложения существенно сократилось, он писал: «от бессолицы люди напрасно помирают».

Нет сомнения, что отсутствие снабжения солью привело бы человечество как биологический вид к вымиранию. Соль дала человеку и другую важную возможность сохранять пищевые продукты в пригодном к употреблению виде. С течением времени это дало возможность человеку совершать длительные путешествия.

Соли накапливаются в замкнутых, отрезанных от мирового океана, морских бассейнах как часть мощных толщ осадочных пород. Примерами таких бассейнов сегодня являются Средиземное море, Каспий с формирующимся на наших глазах месторождением залива Кара-Богаз-Гол, Красное море и знаменитое озеро Мертвое море. Зачастую такие бассейны располагаются на фронте активно растущих горных систем или в пределах линейных прогибов (грабенов, авлакогенов), рассекающих стабильные блоки. Среди структур последнего типа можно назвать Мертвое море в Израиле, Артемовское месторождение в Донбассе на Украине или месторождения в Рейнском грабене в Германии. Если осадконакопление идет в условиях поверхности земли, то сами соли и их компоненты поступают с горячими растворами из глубин. В ходе последующих тектонических деформаций пластичные солевые минералы выдавливаются к поверхности Земли, вздергивая и взламывая покрывающие породы. При этом образуются характерные структуры – соляные купола, с которыми зачастую ассоциируются месторождения нефти. Порой на вершинах куполов располагаются соленые озера, из которых издавна добывались соли, как знаменитые месторождения на озерах Эльтон и Баскунчак в казахстанском Прикаспии.

Осознание техники этого геологического процесса привело к разработке на его основе выпаривания солей из морской воды. Этот процесс в деталях описан в статье В. Широковой *(2005)*. Неудивительно поэтому, что древнейшие соляные разработки возникали на морских берегах, где строились солеварни. Кроме морской воды для извлечения соли использовались также минеральные источники (к примеру, в Старой Руссе, посаде Ненокса в Архангельской области и в бассейне р. Сухоны). Питание было важнее, чем изготовление орудий. Тот же подход (анализ состава осадочных толщ) столетия спустя привел к прогнозу о наличии на глубине слепых месторождений соли (см. ниже описание открытия Артемовского месторождения в Донбассе). Так что именно солеварение было первым в истории людей настоящим техническим промыслом, возникшим еще до металлургии. По крайней мере с XI века соль получали путем выварки воды черноморских и азовских лиманов – на юге России и на

побережье Белого моря на севере. Аналогичная выварка велась на побережье Средиземного моря и в Нормандии.

Я никогда не занимался месторождениями солей. В Горном институте нас готовили как «рудников», специалистов по рудным месторождениям. Ну, конечно же, общие сведения нам давали, но и не больше. Но когда я прочел блестящую книгу Марка Курлянского *(Kurlyansky, 2002)* я был, мягко сказать, изумлен. В обстоятельном и легко написанном рассказе о соли нашлось место всему – технологии приготовления соли, историческому очерку ее применения, обозрению соляных налогов. Но практически ни слова не было сказано о минеральных месторождениях соли. Это поистине удивительно. Изначально существенным, если не главным, ее источником наряду с солеварнями, извлекавшими соль из морской воды, служили именно минеральные месторождения каменной соли – галита. Тогда же моя дочь с мужем посетили Краков и находящуюся рядом знаменитую Величку – одно из древнейших месторождений соли в Европе, и привезли соляные сувениры. Так я узнал о существовании этого месторождения. Первое упоминание о нем в письменных документах относится к 1044 году. Это единственное месторождение в Европе, непрерывно разрабатывавшееся со средних веков до XX века. Разработка велась на 9 горизонтах, до глубины 327 метров. Общая длина выработок составляет около 300 километров. Выработки принадлежали казне, но допускалась частная инициатива с целью обнаружения новых горизонтов. Новый участок тоже поступал в собственность казны. Доходы от добычи соли в XIV веке составляли 30 % общих доходов государства. В 1364 году король утвердил устав солевых разработок, так называемый Казимировский статус. В XIV веке соляные копи Велички стали одним из крупнейших предприятий Европы. Во второй половине XV века доходы от соли позволили восстановить Вавельский замок в Кракове и основать Краковскую академию (позднее Ягеллонский университет). Королевское управление соляными копями прекратилось только после первого раздела Польши в 1772 году. Под властью австрийцев была произведена модернизация рудников. Добыча соли резко увеличилась также в период Второй мировой войны. Но с середины 50-х годов XIX века промышленная отработка копей прекращается. Они становятся чисто туристским объектом. Известность Велички была такова, что в конце XIX века один английский учебник после ее подробного описания делает маленькую приписку: «Рядом расположен Краков – древний город коронации польских королей». Здесь побывали буквально все знаменитые политические деятели и деятели культуры и науки: Александр I, австрийский император Франц I, И. Гете, Ф. Шопен, Г. Сенкевич, Ян Матейка, Д. И. Менделеев. В 1998 году Величка была включена ЮНЕСКО в список двенадцати объектов мирового культурного и природного наследия человечества.

Величка – лишь одно из многих европейских соляных месторождений. Среди них Люнебург на Рейне, благодаря соли ставший одним из богатейших городов Ганзейской лиги, Берхтесгаден и Бад Райхенхаль в Баварии в Германии. Добыча соли на этих рудниках продолжалась в течение 500 – 1000 лет. Одними из самых старых разработок соли в Европе являются соляные рудники в Австрии близ Зальцбурга, название которого так и переводится «соляной город». Предполагается, что разработка залежей соли в этом районе на горе Дюрнберг над городом Халляйн, началась в 700-х годах до нашей эры. К пятому веку нашей эры благодаря добыче соли Халляйн становится процветающим торговым центром.

Рис. 2.1. Величка. Старинная гравюра, изображающая выработки в толще соли. Соляная шахта в Величке.

Рис. 1.2.2. Величка. Разрез горных выработок.

Рис. 1.2.3. Величка. Соляные скульптуры в подземном музее.

Одним из древнейших месторождений каменной соли является Паммуккале в Анатолии. Оно располагается вдоль регионального тектонического нарушения, что само по себе говорит об эндогенном его генезисе. Соляное месторождение сочетается с выходами термальных вод, имеющих температуру от 40 до 800 С. Это привело к тому, что с древнейших времен Памуккале использовался как курорт. Стекающие по склону воды образуют травертиновые террасы.

По всей видимости, другое древнейшее месторождение каменной соли было описано Марко Поло в современном Восточном Афганистане, в районе города Тайкин (Талкин), известного своими соляными промыслами. «Славная страна. К югу высокие горы и во всех есть соль, отовсюду – за 30 миль вокруг приходят люди за этой самой лучшей в свете солью. Соль твердая, ломают ее большими железными заступами и так ее много, что хватит на весь свет до окончания мира» *(Верн, 2003)*. В Китае в бассейне реки Хуанхэ по Марко Поло соль добывали из озер – полная аналогия с соляными озерами Эльтон и Баскунчак в России.

Древнейшие известные в Европе разработки каменной соли располагаются в Прикарпатье на территории Львовской области близ городка с характерным названием Старая Соль. Начало разработок относится ко времени так называемой культуры фракийского гальштата (последняя четверть II тыс. – первая половина I тысячелетия до н. э.) и они продолжались до 1853 года. В V веке нашей эры здесь осело племя белых хорватов. Они продолжили соледобычу и поставляли соль через Карпаты на территорию Моравии и Чехии. В IX веке Прикарпатье вошло в состав княжества Великая Моравия, а с начала X века – Чешского государства. Именно соляные разработки побудили Владимира Святославича присоединить этот район к Киевской Руси. Для Киева этот район стал основным поставщиком соли. К этому времени печенеги овладели степью и заперли дорогу к черноморским соляным озерам. Старая Соль была официально основана после ухода татар в 1255 году. В 1421 году польский король Ягайло дал городу магдебургское право и статус вольного королевского города.

Учитывая розничный характер потребления соли (не в качестве промышленного материала, а отдельными людьми), важнейшей проблемой, после того, как соль была добыта, была доставка ее потребителю. Торговля солью с Прикарпатского месторождения шла по соляному пути, известному еще Геродоту. С Причерноморских и Приазовских солеварен соль доставлялась на Сечь караванами груженых подвод, запряженных волами, которые вели чумаки по Чумацкому тракту вдоль левого берега Днепра к Сечи. В пути зачастую приходилось отбиваться от нападений гайдамаков и татар. Народное сознание романтизировало этот путь и перенесло название Чумацкий тракт на Млечный путь.

Важнейшим открытием в области минерального сырья в России было обнаружение и освоение Артемовского месторождения каменной соли, расположенного в сердце индустриального Донбасса *(История Донецка)*. Оно разом, больше чем на столетие, покрыло все потребности страны в соли. Предположение о наличии на глубине пластов каменной соли высказал в 1818 году инженер Е. П. Ковалевский. Он обосновывал эту гипотезу наличием в разрезе формации, сложенной осадками, с которыми обычно ассоциируют соленосные пласты. Гипотезу активно поддержал крупнейший русский геолог, будущий президент АН СССР А. П. Карпинский, который писал, что в успехе бурения сомневаться не приходится. Подтверждение прогноза признанным авторитетом, каким был А. П. Карпинский, сыграло решающую роль в дальнейшем развитии событий.

Бюст Карпинского заслуженно стоит у входа в одну из шахт. В 1876 году по предложению профессора Петербургского Горного института В. Г. Ерофеева под руководством горного инженера И. Г. Иванова была начата проходка первой буровой скважина. Она достигла глубины 292 метра и пересекла 9 соляных пластов, самый мощный из которых достигал 40 метров. После подтверждения наличия в Бахмутской котловине огромных запасов соли была создана частная компания по ее разработке под руководством генерала Н. И. Летуновского. Рудник получил название Брянцевская копь. Он начал работать в 1881 году и уже за 4 месяца выдал на-гора около 4 тысяч тонн соли. В 1884–1885 годах было построено еще 5 шахт. Изваянная из соли статуя Летуновского стоит в основанном им подземном музее истории месторождения.

Рис. 1.2.5. Артёмовск. Панорама горных выработок. С фото начала XX века. Артёмовск.

Рис. 1.2.6. Артемовское месторождение. Выработки, пройденные в сплошном соляном пласте.

Во время Второй мировой войны все оборудование рудника было демонтировано и вывезено на месторождения Эльтон и Баскунчак. После окончания Второй мировой войны артемовские шахты были восстановлены и уже в 1948 году дали на-гора 1.2 млн. тонн соли, обеспечивая снабжение населения всей европейской части СССР и экспорт соли в Венгрию, Данию, Швецию, Финляндию.

Никогда не убывающая потребность в каменной соли делала обладание соляными рудниками источником быстрого накопления капитала и давала возможность создания больших владений, практически независимых от центральной власти. Достаточно упомянуть полунезависимые имения купцов Калинниковых, а позднее – Строгановых *(Широкова, 2005)*, на восточной границе России в районе будущих городов Сольвычегодска и Соликамска. Именно из владений Строгановых (и на их деньги) началась экспедиция Ермака по завоеванию Сибири.

Литература

Верн, Ж., 2003, Великие Географические открытия. Москва, СПб, Эксмо, Terra Fantastica, т. 1–2.

История Донецка.

Старая Соль.

Широкова В. А., 2005, Соляные промыслы России. Вопросы естествознания и техники, № 3.

Helminger B., 2004, Salzburg, Colorama, 2003, 64 p.

Kurlansky, M., 2002, Salt. A World History, Walker and Company, New York, 484 p.

Глава 1.3. Месторождения меди и цветных металлов

Металл на все времена

Медь вместе со свинцом и цинком принадлежит к группе цветных металлов. В англоязычной литературе для их обозначения употребляется термин «основные металлы» (base metals) *(Base metal)*. В эту группу включаются медь, свинец, никель, цинк. Металлы этой группы противопоставляются как металлам группы железа, так и, главным образом, драгоценным металлам, таким как золото и серебро.

Среди медных месторождений встречаются практически все генетические типы: чисто магматогенные, кристаллизующиеся из магматических расплавов, гидротермальные жильные, формирующиеся в процессе кристаллизации из высокотемпературных водных растворов, и, наконец, месторождения осадочные. В природе имеются десять соединений меди. По составу, физическим свойствам и особенностям среди них выделяются два ряда: халькозин-дигенитовый (Cu_2S – Cu1.75S) – высокомедистые сульфиды и джирит-ковеллиновый ряд (Cu1.6S – CuS) маломедистых сульфидов. Минералы первой группы неустойчивы в экзогенной обстановке, т. к. присутствие даже небольшого количества кислорода в рудообразующей системе приводит к окислению и выносу меди.

Сульфиды меди и железа представлены халькопиритом ($CuFeS_2$) кубанитом ($CuFe_2S_3$) изокубанитом, борнитом ($CuFeS_4$) и идаитом (Cu_3FeS_4). Кроме этих стехиометрических минералов известны нестехиометрические соединения. Последние являются типоморфными минералами экзогенных руд – современных океанических осадков, неметаморфизованных медистых песчаников и сланцев, зон вторичного сульфидного обогащения. Высокомедистые нестехиометрические сульфиды с отношением Cu: S более 1.75 приурочены к первичным рудам, а нестехиометрические с отношением Cu: S менее 1.75 – к гипергенно-измененным рудам континентального и океанического происхождения *(Габлина, 2008, Медные руды)*.

Древнейшие находки медных изделий датируются VIII–IX веками до н. э. Наиболее древние известные центры добычи меди располагались в Малой Азии. Древнейшим источником этого металла, снабжавшим медью Грецию и Рим, были месторождения массивных сульфидных руд острова Кипр.

Само латинское название металла «купрум» прямо происходит от латинского названия острова Кипр. Плиний Старший в 77 году до н. э. писал: «Медь впервые добывали на Кипре» (что не так, но подчёркивает роль месторождений Кипра в поставках меди в древний Рим). В основном, медь выплавлялась на острове и экспортировалась из Кипра в виде слитков, имеющих форму растянутой бычьей шкуры. В страны, находившиеся недалеко от Кипра, например, в Сирию, вывозили также медную руду. Об этом свидетельствуют находки некоторого количества руды в Рас-Шамре. Химический анализ их подтвердил, что это медь с Кипра. Одним из наиболее известных городов того времени был Энкоми близ современной Фамагусты, упоминаемый в клинописных текстах, найденных в Угарите (Сирия) и Эль-Амаре (Египет). О прочных связях с Египтом говорят и изделия, обнаруженные при раскопках в Энкоми, такие как скарабеи Тиу, супруги фараона Аменхотепа III. Мягкие медные орудия были неудобны и во многом даже уступали каменным. В Египте в середине III тысячелетия до н. э. отмечается даже временный спад производства медных орудий и возврат к индустрии камня.

Греческое название металла «халькос» образовано по названию главного города острова Эвбеи. Близ него располагалось другое месторождение того же типа, что и на Кипре, из которого древние греки впервые стали получать медь.

Комплексные месторождения меди, кобальта, никеля и платины (так называемые месторождения типа Седбери) образуются при самых высоких температурах. Ряд исследователей считает их результатом кристаллизации рудной магмы, существовавшей в виде расплава наряду с силикатным расплавом, другие полагают, что они образовались в результате кристаллизации из высокотемпературных водных растворов. Хотя эти месторождения разрабатываются главным образом на никель, кобальт и платину, они дают и сейчас 45 % меди России. Общая характеристика этих месторождений и история их открытия приведена в главе 2.7, в связи с описанием истории открытия месторождений этого типа в районе Норильска и Талнаха.

На контакте интрузий силикатных магм обычно кислого состава (гранитов и близких к ним пород – гранитоидов) с известняками образуются месторождения скарнового типа. Считается, что основную роль в их формировании играют процессы молекулярного (ионного) обмена в условиях высоких температур.

Наиболее распространенный тип месторождений меди образуется в результате кристаллизации из высокотемпературных водных растворов, гидротерм. Это месторождения «кипрского типа», медно-порфировые месторождения, подтипом которых являются колчеданные месторождения Урала.

И, наконец, особую группу составляют месторождения сложного генезиса, на разных этапах образования которых сыграли роль эндогенные процессы, определившие привнос меди на поверхность, осадконакопление в водных бассейнах в условиях земной поверхности и переотложение рудных компонентов горячими водами в ходе процессов метаморфизма.

Медные месторождения ассоциируются с месторождениями других «основных металлов», таких как свинец и цинк, а также с месторождениями молибдена.

Главной рудой на медь служат ее сульфиды, прежде всего халькопирит, дисульфид меди и железа, чисто медный сульфид ковеллин и сульфид железа и меди борнит. В меньшей степени развиты сульфосоли меди (медный сульфарсенид-теннантит). Самородная медь редка, хотя на древнейших этапах истории использовалась и она.

Легкая окисляемость медных минералов приводит к тому, что в условиях земной поверхности образуются водосодержащие медные минералы. В зависимости от химизма поверхностных вод это либо малахит (гидратированный карбонат меди), либо бирюза (гидратированный алюмофосфат меди). Пленки этих минералов образуют прекрасные натечные формы, одинаково высоко ценимые американскими индейцами и ювелирами Европы. Пластинки малахита использовались для отделки стен Зимнего дворца, колонн Исаакиевского собора в Петербурге, дворцов Версаля, огромных каменных ваз и столешниц, составивших лучшие украшения дворцов русских царей *(Периодическая система элементов Менделеева. Медь)*.

Легкоплавкость меди сделала ее первым металлом, выплавляемым человеком. Она стала основой зарождающейся металлургии сплавов, из которых были созданы орудия Бронзового века. Столетия спустя высокая электропроводность меди сделала ее главным материалом для изготовления электрических проводов и генераторов. Она сделала возможной вторую промышленную революцию, заложив основы электротехники. Медные трубы широко используются во внутренних системах водоснабжения, кондиционерах и холодильных агрегатах, в судостроении. Медно-никелевые сплавы применяются в судостроении и для чеканки разменной монеты. Медь использовалась в ювелирном деле в виде сплава с золотом; распространение получил и сплав меди и цинка – латунь. Медная красная посуда всегда была украшением кухни. Как известно, лучший тип самоваров – медные самовары. Во француз-

ских Пиренеях есть городок Мирепо, полностью специализирующийся на продаже посуды из красной меди. Аналогичные городки есть и в северо-восточной Франции. Медная посуда везде пользуется большим спросом у туристов *(Сферы применения меди)*.

По объему добычи медь занимает третье место в мире после железа и алюминия. Огромные масштабы добычи и потребность в меди на рынке необходимо иметь в виду, говоря об истории медных месторождений; освоение и разработка их требуют больших капиталовложений и огромных организационных усилий. Неудивительно, что ведущую роль в освоении медных месторождений играют государства или крупные межнациональные медные корпорации.

Месторождения самородной меди

месторождения самородной меди расположены на полуострове Кьюино (Keweenaw), на озере Верхнем (Superior) в штате Мичиган. Руды концентрируются на нескольких разобщенных участках, которые можно считать отдельными месторождениями. Рудовмещающими породами являются переслаивающиеся пласты миндалекаменных базальтов и конгломератов верхнепротерозойского возраста, связанных с авлакогеном, протягивающимся под всей Североамериканской платформой. В настоящее время он преобразован в систему горстов и грабенов, выраженных в поле силы тяжести и магнитном поле системой линейных положительных аномалий (Мид-континент хай). Эта структура аналогична расположенной в северо-восточной части Сибирской платформы Уджинской антиклинали. Минерализованные пласты прослеживаются на 10–12 метров.

Самородная медь и редко самородное серебро сопровождаются цеолитами, хлоритом, пренитом, кальцитом, гематитом, кварцем, путтелитом. На месторождении развиты секущие кальцитовые жилы, в которых встречены крупнейшие самородки меди, в том числе самый большой из доселе найденных в мире: пластина размером 13.7×6.7×2.4 метра, массой около 420 тонн. Но основная масса меди добывается из базальтов, в которых она выполняет пустоты, и из конгломератов. Весь этот парагенезис говорит о небольшой глубине и низкотемпературном вулкано-гидротермальном происхождении всего минерализованного комплекса в условиях резкого дефицита серы *(Brandes)*.

Месторождения издавна были известны местным индейским племенам гуронов и дакота. В 1771 году Александером Хенри здесь был открыт первый современный медный рудник. Как символ богатств района, А. Хенри послал массивную глыбу, сложенную самородной медью и названную Онтонагон Боулдер, в Детройт. Но настоящее использование богатств полуострова началось в середине XIX века, в 1841 году, когда они заново были описаны Дагласом Хотоном *(Douglass Houghton)*. С открытием и началом их эксплуатации связана первая в истории США рудная горячка, на несколько лет опередившая золотую калифорнийскую лихорадку 1849 года. Между 1843 и 1846 сюда прибыли тысячи поисковиков. За 150 лет эксплуатации из месторождения было извлечено 12 миллиардов фунтов (5 миллионов тонн) меди *(Michigan's copper deposits)*.

Другое крупное месторождение (Корокоро) расположено в Боливии. Оно приурочено к песчаникам. Минерализация распространена на площади 30 000 м^2. Мощность рудных тел составляет 0.5–2 метра и лишь на отдельных участках она возрастает до 12 метров. Самородная медь ассоциирует с халькозином, гипсом, кальцитом, баритом, кварцем, целестином. Этот парагенезис указывает на связь минерализации с низкотемпературными (менее 1000° С) гидротермами. Предполагают, что самородная медь образуется здесь за счет восстановления органическим веществом песчаников *(Боливия)*.

Самородная медь обнаружена в западной Канаде на острове Ванкувер, в песчаниках близ Ровно на Украине. Возможно, ключом к пониманию генезиса самородной меди явля-

ются находки ее в полевых шпатах в габбро близ Тосканы, а также в полевых шпатах, роговой обманке и пироксенах в сиенитах и диабазах Намибии и ЮАР. В ряд этих минералов укладываются систематические находки самородных металлов в не измененных вулканических породах Камчатки – самородного свинца в экструзивных андезитах Авачинской сопки, самородной ртути в экструзивных обсидианах Хангара, олова в шлихах из поля развития кислых пирокластических пород Южной Камчатки *(Erlich E., Gorshkov G. S., eds., 1979)*. Самородная медь обнаружена также в метеоритах, где она сопровождает троилит и самородное железо, а также в реголитах Луны в срастании с никелем и троилитом. Находки самородной меди в риолитах экструзии, расположенной на северном окончании второго по величине острова Командорских островов, привели к тому, что остров получил название Медный.

Рис. 1. 3. 1. Даглас Хотон, человек, заново открывший месторождения самородной меди штата Мичиган.

Самородная медь встречается в зоне окисления медно-колчеданных месторождений Среднего Урала, в частности, на Гумешевском руднике. Один из таких самородков массой 860 кг хранится в музее Горного института в Санкт-Петербурге.

Месторождения массивных сульфидных руд (кипрский тип)

Для месторождений массивных сульфидов «кипрского типа» характерна теснейшая ассоциация с базальтовыми лавами так называемых офиолитовых комплексов. Офиолиты представляют собой реликты океанической коры, сохранившиеся в складчатых областях континентов. Предполагается, что подавляющая часть офиолитов погружается в мантию Земли в ходе субдукции и лишь малая часть сохраняется в виде офиолитовых формаций. Это комплексная толща, состоящая из низкокалиевых базальтов, характерных для современных срединно-океанических хребтов и зон растяжения в тыловых впадинах островных дуг, интрузий ультраосновных пород и глубоководных осадков океанического типа. Последние главным образом состоят из кремнистых сланцев, образованных накопившими кремний скелетами глубоководных водорослей, и в меньшей степени – карбонатными и тонкозернистыми терригенными породами. Из двухсот известных в мире офиолитовых комплексов четверть содержат месторождения кипрского типа.

Месторождения Кипра приурочены к массиву Трудос (Troodos), в центральной части которого развиты основные и ультраосновные породы (серпентинизированные дуниты, перидотиты, пироксениты, ортогнейсы), сменяемые интенсивно-рассланцованным дайковым комплексом диабазов, микрогаббро, микродиоритов. Колчеданные месторождения

Кипра – Скуоритисса, Агрокиния, Коккиния и др., занимают однотипную структурную позицию. Согласные тела массивных сульфидных руд залегают между покровами нижних и верхних подушечных лав. При этом в нижних частях рудных тел залегают массивные руды, а верхняя часть сложена конгломератовыми рудами, пиритовой сыпучкой. В лежачем боку развиты штокверковые зоны прожилково-вкрапленных руд в подводящих каналах. Рудные тела перекрываются не измененными подушечными лавами, а чаще горизонтами охр и марганцовистых осадков (умбр). Последние переслаиваются с пелагическими осадками, зачастую характеризуются повышенными содержаниями бария, ванадия, меди и цинка. Руда на 90 % сложена пиритом, присутствуют также сфалерит и халькопирит. В виде примеси встречаются марказит, пирротин, галенит, теннантит, ковеллин, халькозин. Содержание меди достигает 2.1 %. Руды содержат золото и серебро, количество которых возрастает в охрах, излившихся в подводных условиях базальтов, сложенных шарами лав. Рудные залежи этих месторождений характеризуются пластообразной формой сплошных руд. Зачастую руды представляют собой шаровые лавы с богатыми сульфидами желваками, выполняющими пространство между шарами. Когда залежи массивных руд полностью эродированы, оруденение образует густую систему трещин (так называемые штокверки) в лавах. Таковы месторождения Биг-Рамблер-Понд и Ист-Майн на Ньюфаундленде. Средние запасов руд составляет 5 миллионов тонн, но запасы отдельных тел достигают 30 миллионов тонн. Сульфиды на 60 % состоят из пирита, в меньших количествах содержатся сульфиды меди и цинка – халькопирит и сфалерит. Золото обычно присутствует в окисленных зонах – Кипр, Саудовская Аравия *(Кипрские месторождения)*.

Тот же источник отмечает, что распределение месторождений кипрского типа во времени крайне неравномерно. 50.8 % от общего их числа (41.9 % запасов) образовалось в меловое время (145 – 65 миллионов лет назад: Кипр, ЮВ Анатолия, Оман, Сербия, Албания, Лигурия). Вторая эпоха отвечает раннему ордовику (порядка 540 млн. лет назад: 31.9 % месторождений, 26.8 % запасов), проявилась на Урале, в каледонидах (складчатых системах, образовавшихся в интервале порядка 360–286 миллионов лет назад) Норвегии и Центральном Ньюфаундленде. Значительно меньше была активность процессов образования медных месторождений кипрского типа в триасовое время (150–218 лет назад: Британская Колумбия, 7.3 % месторождений и 14.4 % запасов). Кайнозойские (моложе 60 миллионов лет) месторождения крайне редки. К ним относится только месторождение Меденкой (12.5 % запасов).

Аналогом минерализации кипрского типа является знаменитое месторождение Оутукумпу (Финляндия) в метаморфизованных верхнепротерозойских отложениях (1400–1600 миллионов лет). К тому же типу принадлежит минерализация, описанная на подводном хребте Хуан-де-Фука, а также на Восточно-Тихоокеанском поднятии.

Локализация массивных сульфидных руд в пространствах между шарами лав четко указывает на то, что рудообразование имело место непосредственно в процессе излияния лав в условиях «дневной» поверхности (вернее, поверхности океанического дна). Не исключено, что руды образовывались в ходе расслоения единого исходного расплава на две составляющие: силикатный расплав, кристаллизовавшийся в виде лав, и рудный, кристаллизовавшийся в виде массивных сульфидов.

По А. А. Маракушеву, И. А. Панеяху и С. А. Зотову *(Маракушев, Панеях и Зотов, 2011)* первично-расплавная природа массивных сульфидных залежей (то есть месторождений кипрского типа) доказывается их расслоением (иногда ритмическим), обусловленным жидкостной несмесимостью (liquid immiscibility) на цинковые (верхние) и железисто-медные (нижние) зоны. Интересно отметить, что авторы подчеркивают свое представление о ликвации употреблением англоязычного термина, определяющего несмесимость расплавов. Это происходит задолго до кристаллизации, контролируемой различной тугоплавкостью

слоев, которая определяется неодинаковым распределением между ними флюидных компонентов. Перекрывающие их осадочные породы пострудные, поскольку не подвержены каким-либо изменениям, связанным с рудообразованием.

По телевизору довольно часто показывают сюжет: «черные дымы», идущие из фумарол на океаническом дне. Это, можно сказать, прямо-таки зримый образ образования рудных месторождений кипрского типа.

Подтипом минерализации кипрского типа являются месторождения «типа Бесси» (по названию месторождения на острове Сикоку в Японии), залегающие среди вулканитов основного состава, переслаивающихся с терригенными осадками.

Колчеданные месторождения типа Куроко

Месторождения этого типа широко распространены и долгое время являлись основным источником медных руд в России, Канаде, Японии, Германии, Перу. Кроме меди, на их долю и по сей день приходится 10 % мировых запасов свинца и 15 % мировых запасов цинка. Колчеданно-полиметаллические месторождения этого типа приурочены к контрастной базальт-риолитовой и андезит-дацитовой формациям колчеданно-полиметаллических месторождений в вулканогенных зонах *(Куроко, Geology of the Kuroko deposits. S. Ishihara, eds,)*.

Среди этих месторождений выделяется несколько подтипов:

Месторождения в вулканических формациях.

Минеральный состав руд и структура их руд очень сложны. Черные руды (куроко) представляют собой плотную смесь сфалерита, галенита и тетраэдрита. Месторождений много, но все они небольшие по размерам. Считается, что месторождения этого типа по условиям образования являются комбинированными, обнаруживая признаки гидротермально-сульфидно-осадочной и метасоматической природы.

Месторождения в вулканогено-осадочных формациях. Среди них выделяются три подтипа:

Рудноалтайский подтип. Главной рудной провинцией, заключающей наибольшее число месторождений, является Горный Алтай (Лениногорское, Зыряновское, Березовское, Тишинское, Николаевское и др.).

Главные рудообразующие минералы – сфалерит, галенит, халькопирит, ипирит.

Второстепенные – тетраэдрит, теннантит, марказит, золото, серебро, электрум.

Зональность отчетливо выражена в смене (снизу вверх) серно-колчеданных, медно-колчеданных и медно-цинковых – барит-свинцово-цинковых руд, причем первые три типа локализованы, в основном, в корневой жильно-штокверковой зоне. В пластовой части рудных тел преобладают массивные слоистые, полосчатые, колломорфные и брекчиевые текстуры. Жильно-штокверковые руды характеризуются прожилково-вкрапленными, прожилково-полосчатыми пятнистыми текстурами. Месторождения этого типа полихронны и полигенны по природе.

Озерновский подтип. Месторождения этого подтипа отличаются от месторождений рудноалтайского подтипа преобладанием в рудовмещающей толще нормальных осадочных пород при подчиненной роли туфогенного материала в пределах месторождений.

В основной рудоносной толще Озерновского месторождения выделяется десять стратифицированных рудных залежей.

Колчеданное свинцово-цинковое оруденение представлено многоярусными залежами сплошных и вкрапленных пирит-галенит-сфалеритовых с сидеритом руд с преимущественным развитием слоистых и брекчиевых седиментационных текстур и в меньшей степени –

вложенной прожилковой минерализации, возникшей в результате гидротермально-метасоматических процессов и диагенетических преобразований.

В перекрывающих руды брекчиевых и гравелитовых горизонтах отмечаются обломки слоистых руд идентичного состава и строения с подстилающими рудными залежами. Существенную роль в морфологии рудных тел играют известняковые рифовые постройки. Вблизи них рудные тела обычно выклиниваются и образуют прилегающие контакты.

Минеральный состав относительно прост: пирит, сфалерит и галенит. Из нерудных минералов присутствуют сидерит, кальцит, анкерит, небольшое количество кварца, гипс, хлорит, гидрослюды. Основная часть руд характеризуется седиментационными слоистыми текстурами и тонкозернистым и скрыто кристаллическим строением. Широко распространены хемогенно-седиментационные ритмы пирит-сидеритового, пирит-сидерит-сфалеритового состава. В составе рудных залежей существенную роль играет брекчиевый тип руд, седиментационные брекчии, сложенные обломками известняков, сидеритов, слоистых сульфидных руд, яшмоидов с рудным и рудно-карбонатным цементом. Структура руд в подавляющей части колломорфная с широким развитием смешанных галенит-сфалерит-пиритовых и метаколлоидных агрегатов. Сидерит на месторождении представлен как осадочными, так и гидротермально-метасоматическими разностями.

В осадочных рудах Озерновского месторождения отсутствуют медь и барит. Для них характерно общее пониженное содержание элементов-примесей. Наиболее типичны примеси As, Sb, Cd, Ag, Ge, Ti, Mn.

Околорудный метасоматоз на месторождении в породах, подстилающих пластовые рудные залежи, отсутствует.

Предполагается, что отложение сульфидно-сидеритовых руд Озерновского месторождения происходило синхронно с накоплением вулканогенно-карбонатных отложений в ходе подводной гидротермальной деятельности, связанной с накоплением толщи вулканогенно-карбонатного состава кембрийского андезит-дацитового вулканизма. Многоярусное расположение рудных залежей и большой вертикальный размах оруденения указывают на длительное пульсирующее развитие гидротермальной системы.

По величине запасов месторождение является одним из крупнейших в мире. Балансовые запасы составляют 105 млн. тонн руды. Среднее содержание 6.57 % цинка, 1.25 % свинца, 20.82 % пиритной серы, 0.017 % кадмия, 37.6 % серебра. Уникальна сохранность первичных структурно-текстурных особенностей руд.

При обсуждении вопроса о связи колчеданных месторождений с различными членами ряда вулканических формаций типа базальт-риолит важной является проблема: с какими именно членами ассоциирует рудообразование.

В этом отношении показательны результаты исследования месторождений Армении. В противоположность ранее существовавшим воззрениям, связывавшим колчеданные месторождения Армении с третичными гранитоидными интрузиями или субвулканическими малыми интрузиями альбитофиров, была установлена связь медных месторождений с глубинными очагами базальтовой магмы. Доказана тесная пространственная, временная и парагенетическая связь разнообразных по морфологии рудоносных участков с дайками диабазового и габбро-диабазового состава. На этой основе утверждается мантийный генезис рудного вещества, подтвержденный изотопным составом серы месторождений Алаверди, Шамлуг, Ахтала *(Зограбян)*.

Авторы говорят, что широкие вариации отношения железа к марганцу в кремнисто-железистых породах, ассоциирующихся с колчеданными рудами, отражают неравномерность глубинной сульфуризации, с которой связано их окисление, порождающее кварц-магнетитовые или кварц-гематитовые расплавы. Более того, при вовлечении в реакцию CO_2 генерируются углеводороды, как и в процессе дисульфидной сульфуризации.

По представлениям А. А. Маракушева и его соавторов *(Маракушев, Панеях и Зотов, 2011)* после расслоения первичного расплпава на две несмешивающихся жидкости – силикатную и рудную происходит сульфуризация. Авторы говорят, что широкие вариации отношения железа к марганцу в кремнисто-железистых породах, ассоциирующихся с колчеданными рудами, отражают неравномерность глубинной сульфуризации, с которой связано их окисление, порождающее кварц-магнетитовые или кварц-гематитовые расплавы. Более того, при вовлечении в реакцию CO_2 генерируются углеводороды, как и в процессе дисульфидной сульфуризации. Дисульфидная сульфуризация ультражелезистых дифференциатов сопровождается генерацией углеводородов.

Наибольшую контрастность создают ультракислые риолиты, комплементарные наиболее щелочным (бедных кремнеземом) ультражелезистым дифференциатам, проявляющим сильное химическое сродство к сере и широкому спектру халькофильных металлов, экстрагируемых при флюидной сульфуризации, протекающей с максимальным размахом. Этим и определяется уникальность месторождений типа Куроко, не имеющих себе равных по размаху и разнообразию металлического состава.

Медно-порфировые месторождения

Месторождения этого типа поставляют в настоящее время большую часть медной руды. Хотя в Южной Америке они были известны с древнейших времен, по-настоящему исследование и разработка их началась в начале XX века. Главные месторождения этого типа располагаются в пределах меденосного пояса Южной Америки. Узкая полоса месторождений медно-порфировых руд протягивается в Чили вдоль Главной Кордильеры между 360 и 180 градусами южной широты, распространяясь на севере в пределы Перу. Общая длина полосы достигает 2100 км. Крупнейшим медно-порфировым месторождением в этом поясе является Чукикамата. Запасы его оцениваются в 900 млн. тонн руды со средним содержанием меди 1.75 %. Приурочено оно к крупному меридионально вытянутому интрузиву, общая длина которого 20 км при ширине 3–4 км. Промышленные руды связаны с мощной (300 метров) зоной окисления; они формируют крутопадающий штокверк размером 0.8×3 км.

Минерализация представлена халькопирит-халькозиновыми рудами. Совместно с ними встречаются барит, галенит. Оруденение локализуется в трех зонах, несколько различающихся по характеру минерализации: западная зона медно-молибденовая, центральная содержит медные руды с каолинизированными порфирами, восточная зона характеризуется полиметаллическим оруденением, породы в ее пределах хлоритизированы.

Другое крупное месторождение в Чили – Эль Теньенте. Рудное тело имеет форму полой трубки. В рудном теле отмечается четкая зональность. Оруденение образует в плане почковидное тело длиной 1800 метров и шириной 400–700 метров.

В центральной части рудного тела преобладает халькопирит с подчиненным количеством пирита; по периферии пирит концентрируется в кварцевых жилах. Общие запасы меди на месторождении при содержании 1 %. Добыча руды производится здесь на глубине 400–800 метров. Рудник был национализирован в 1971 году правительством С. Альенде.

В США к этому типу месторождений принадлежат медные месторождения Аризоны. К нему же принадлежат крупнейшие проекты развития мededобывающей промышленности Урала, такие как Михеевское месторождение меднопорфировых руд (эксплуатационные запасы руды – 400 млн. тонн), Томинское месторождение меднопорфировых руд (эксплуатационные запасы руды 300 млн. тонн *(Что для Чили хорошо, то для Урала…)*.

К тому же типу принадлежит и существенная часть месторождения Коунрад в Казахстане.

Коунрад

Надо подчеркнуть, что в Прибалхашье, как и в другом меденосном месторождении Джезказгане, геологи не начинали с нуля. Здесь также издавна были известны остатки древних горных работ, относимые к так называемой андроновской культуре, датируемой второй половиной второго тысячелетия до нашей эры. Были и находки изделий из меди, относимые к четвертому тысячелетию до нашей эры. В двадцатых годах историю горно-металлургического промысла в Казахстане описал профессор Томского политехнического института В. А. Пазухин в книге «Металлургия в Киргизской степи», вышедшей в 1926 году. А уже в 1928 году М. П. Русаков по сведениям, полученным от краеведа Г. П. Амосова, жившего на территории нынешнего города Балхаш, выявил и оценил развитую здесь минерализацию как огромное месторождение меднопорфирового типа Коныpат, сравнив его по размерам с крупнейшим меднопорфировым месторождением США Санта Рита. Он назвал его русским Коунрадом.

Коунрадское месторождение вкрапленных медных руд расположено среди огромного гранитного поля. Только к северо-западу от месторождения на сравнительно большой площади залегают нижнепалеозойские аркозовые песчанико-сланцы – наиболее древние породы района. Более молодыми породами являются излившиеся на поверхность песчанико-сланцев диабазы, диабазовые порфириты их туфы и туфо-брекчии, кварцевые альбитофиры, их туфы и туфо-брекчии. Первичными сульфидными минералами были: молибденит, пирит, халькопирит и борнит. В зоне окисного обогащения шло разрушение первичных сульфидов меди и образование малахита, азурита, брошантита, хризоколлы, цианотрихита и очень редко окислов меди. Ниже уровня подземных вод происходило формирование зоны вторичного сулфидного обогащения и превращение халькопирита и частично пирита в халькозин, реже в ковеллин. Переход между зоной вторичного сульфидного обогащения и зоной первичных руд постепенный *(Коунрадское месторождение)*.

Открытие группы месторождений в Прибалхашье связано с именем замечательного геолога М. П. Русакова. Это он на основании отрывочных данных правильно оценил огромные масштабы развитой здесь минерализации и определил его генетическую модель.

Партия Русакова начала работы в 1928 году, и уже в 1929 году работы близ озера Балхаш стали самым крупным геологоразведочным проектом Геолкома. Заместитель Русакова Н. И. Наковник в своем очерке «Рождение Коунрада» вспоминает слова М. П. Русакова в 1929 году об этом открытии: «Можно сказать с уверенностью, что открытые в Прибалхашье медно-порфировые месторождения имеют масштаб до сего времени невиданный, приближающийся к американскому масштабу этого типа месторождений. Что против них колчеданные месторождения Урала, хранящие главные запасы меди нашего отечества! Представляете себе, что станет с пустыней Прибалхашья, если Конур-Ат окажется вторым Санта Рита?» *(Экспедиция М. П. Русакова 1929 года)*. Помимо правильного казахского написания названия месторождения, в этом монологе нам открывается процесс открытия – создание в первый же год модели месторождения.

Осознав масштабы открытия, Русаков немедленно приступает к действиям. По завершении полевых работ 1929 года он телеграфирует в геологический комитет в Ленинград: «Открыто мощное медно-порфировое месторождение Коунрад близ озера Балхаш». Значение этого открытия было сразу же оценено. В 1930 году в район была направлена экспедиция под руководством Н. И. Наковника. Председатель ВСНХ В. В. Куйбышев сообщил об этом открытии XVI съезду ВКП(б). И вскоре приступили к освоению Коунрада. В октябре 1931 года было создано управление Прибалхашстрой, главной задачей которого было строительство медеплавильного комбината. 29 июня 1932 года было принято реше-

ние коллегии Наркомтяжпрома СССР «О строительстве Прибалхашского медеплавильного комбината». Местом сооружения основных производственных сооружений и города был утвержден берег бухты Бертыс. Начальником стройки был Василий Васильевич Иванов. В 1938 году он был арестован и расстрелян, как «враг народа». Во время Второй мировой войны Прибалхашский комбинат было одним из основных поставщиков молибдена, без которого невозможно было производство орудий. Нужда в меди в СССР в конце 20-х годов была так велика, что параллельно с работами на известном уже Джезказгане развернулись исследования в пустыне юго-восточного Казахстана близ озера Балхаш. Руководил ими замечательный геолог М. П. Русаков (1892–1954). Он окончил Ленинградский Горный в 1921 году. В 1930 – 31 годах находился в командировке в США для изучения рудных месторождений и постановки геологоразведочного дела. В 1934 году выпустил подробнейший отчет об этой поездке, в котором знакомил коллег с американским опытом *(Русаков Михаил Петрович. Доктор геолого-минералогических наук, академик АН Казахской ССР)*. Был арестован по «Красноярскому делу» в 1949 году. По его рассказам «на первом же допросе признался, что я матерый шпион, и меня не били». Около года просидел в камере-одиночке. В заключении работал в геологическом отделе ОТБ-1 (город Красноярск). Реабилитирован в 1954 году. Он был серьезно болен и умер примерно в 1954 году еще в заключении или вскоре после освобождения. О том, что ему пришлось испытать, рассказывает он сам:

«Психическое потрясение от этого сверхстрогого режима, от унизительных процедур, от хронической бессонницы и кошмаров короткого полусна, от допросов с применением пыток, от бесконечной площадной ругани, от катастрофического истощения, от сердечных припадков и т. д., а также упадок сил достигли такой степени, что, во-первых, все показания я стал писать под диктовку следователей со стереотипной фразы: «я, нижеподписавшийся, признаю себя виновным в том, что вредительски … или из-за ненависти к Советской власти» и т. д. А после вызова некоего «специалиста по физкультуре» я согласился подписывать любые протоколы и подписывал их, не читая, наперед зная, что в них искажено все от начала до конца… Все обвинения велись с невероятными клеветническими измышлениями, смешанными с невесть откуда добытыми «агентурными» данными и с полным игнорированием фактов, без вызова свидетелей. Все эти сведения выстраивались в заранее составленную следователем схему. И сопровождались так называемыми «очными ставками».

В 1963 году в поселке Балхаш имя М. П. Русакова присвоено школе. В 1964 году установлена мемориальная доска на здании Института геологических наук в Алма-Ате, а в 1982 году – на доме, в котором он жил в Ленинграде. К столетнему юбилею ученого в Балхаше установлен памятник, отлитый из коунрадской меди. Его именем названы слои в толщах нижнего карбона Казахстана и минерал – русаковит.

Рис. 1.3.2. М. П. Русаков – первооткрыватель Коунрада, Алмалыка и оловянных месторождений Приморья.

Рис. 1.3.3. Карта, показывающая положение крупнейших медных месторождений Казахстана (Джезказгана – 1 и Коунрада – 2).

Условия работы на Балхаше были совершенно экстремальными. Это была настоящая пустыня. Бревна приходилось таскать волоком на верблюдах за 150 км. Вода была «дурная», то есть горько-соленая. На подходе к участку работ кочевники установили щит, на котором написали предупреждение для тех, кто шел следом, что дальше идти нельзя. Откуда брали рабочих, работавших на разведке и на стройке, источники умалчивают, но замечают, что казахи идти на стройку не хотели. Не иначе везли тех же раскулаченных из России.

Об условиях жизни рабочих на разведке лучше всего пишет сам М. П. Русаков: «Это были первые кошмарные страницы будущей истории Прибалхашского медеплавильного комбината». В убогих холодных, плохо отапливаемых бараках и землянках оставшиеся труженики перенесли и многодневные бураны и лютые морозы с ветрами. Надо ли говорить о том, что есть было практически нечего, а вода была «дурной» *(Разведка Коунрадского штокверкового месторождения)*.

Разведка велась в основном шурфами глубиной до 3 метров по сети 20×20 м. всего в каменистой земле пустыни было пробито 1100 шурфов, позволивших составить металлометрическую карту масштаба 1:25 000 и выделить на ней площади с повышенным содержанием меди. Для подтверждения и увеличения запасов позднее пробурили девять колонковых скважин глубиной 100–150 метров, шесть из которых подтвердили распространение промышленного оруденения на глубину *(Разведка Коунрадского штокверкового месторождения)*.

М. П. Русаков определенно говорит о типе месторождения, с которым он здесь столкнулся, называя его медно-порфировым. Но на Кунар Ате перед ним было не одно месторождение, а целая серия их – это было настоящее рудное поле, в пределах которого было несколько совершенно разнородных типов месторождений. В течение последующих десятилетий их один за другим вводили в эксплуатацию. Таковы были Восточный Коунрад с его штокверком вкрапленных существенно молибденовых руд (Восточный Коунрад) и Саяк (Саяк – земля, находящаяся в стороне).

Рис. 1.3.4. Прибалхашский медеплавильный комбинат. Вид с востока

Рис. 1.5.5. Карьер на Коунрадском месторождении.

Некоторые комментарии. Северо-Коунрадское месторождение руд редких металлов залегает в гранитном массиве, оно представлено крутопадающими кварцево-грейзеновыми жилами средней мощностью около 0.7 метров, протяженностью по простиранию от 10 до нескольких сот метров. Рудные минералы представлены молибденитом, вольфрамитом и висмутином.

В 1931 – 34 годах проводилась систематическая разведка до глубины 650 метров по правильной сети со средней площадью одна скважина на 10 000 м^2. Геолог Николай Григорьевич Сергиев собрал у местных казахов точные сведения об описанных В. Пазухиным древних копях и назвал их Саяк. По его инициативе в 1930 году для проверки собранных данных И. С. Гапановичем было проведено бурение.

В 1936 году Н. И. Наковник (петрограф, но не разведчик) не смог по материалам проведенного бурения оценить истинные размеры минерализации в скарново-рудном поле Саяк-I, считая, что запасы не превысят 50 тысяч тонн меди (по сегодняшним оценкам они составляют 250–400 миллионов тонн). На фоне разведанного в то время Коныратского миллиона тонн запасов это выглядело невзрачно. Но времена меняются и в 1939, когда Балхашскому комбинату потребовалось использовать магнетитовый флюс, была произведена переоценка этой части месторождения. Эти работы проводились будущим министром геологии Казахстана А. С. Богатыревым и В. Г. Ли – ныне доктором наук. На Саяке-I они обнаружили кобальт, в котором была острая нужда в первые месяцы Великой Отечественной войны. Организовали оперативную развелку и в 1944 году подсчитанные запасы кобальта составили 18 тонн и, по материалам И. С. Гапановича, 2 миллиона тонн медно-магнетитовой руды. В 1941–1942 годах разведки вел Д. Г. Сапожников. Западнее Саяка-III он выявил небольшое

кварцевожильное проявление меди Саяк-IV и кварц-турмалиновое медное рудопроявление Саяк-V.

Рис. 1.3.5. Работы на Саякском рудопроявлении в 30 годы.

Стратиформные месторождения медистых песчаников и сланцев

Месторождения этого типа были крупнейшими поставщиками меди в Европе и с ними связаны перспективы удовлетворения потребностей в меди в ближайшие столетия.

Характерные черты этих месторождений:

Крупные (часто уникальные) размеры;

Простая пластовая форма рудных тел, их значительная протяженность и обычно пологое и неглубокое залегание, позволяющее разрабатывать их открытыми карьерами;

Равномерное распределение рудных компонентов при сравнительно высоких содержаниях металла.

Вмещающие оруденение толщи как правило залегают в зонах смены орогенных (молассовых) комплексов геосинклиналей толщами основания древних платформенных чехлов. Все известные крупные месторождения этого типа залегают в пределах платформ, развивающихся по «алданскому варианту» *(Стратиформные месторождения)*. В этих структурах в краевых и внутренних частях платформ архейско-протерозойского возраста развиваются прогибы, близкие по особенностям к геосинклиналям неогея (протогеосинклинали). Известные месторождения локализуются в краевых зонах этих прогибов.

Отмечаются два максимума образования этих месторождений во времени:

протерозойское время;

средне-верхнепалеозойское время.

Эти периоды совпадают с эпохами стабилизации (кратонизацией) тектонического режима крупных блоков земной коры – образованием древних платформ и эпигерцинских стабильных блоков. К первой возрастной группе относятся Удоканское месторождение в Восточной Сибири, месторождения так называемого медного пояса Замбии и Демократической Республики Конго *(Заир: Муфулира, Нчанга, Люашиа, Камбове, Комото и др.)*. Ко второй возрастной группе относится Джезказганское месторождение в Казахстане, Мансфельд в Германии, Предсудетская моноклиналь в Польше *(Попов, Новиков, 1967)*.

При обсуждении генезиса этих месторождений рассматриваются две группы гипотез:

Осадочное синегентическое накопление руд;

Эпигенетическое (гидротермальное) образование месторождений.

Одним из крупнейших районов развития месторождений этого типа является меденосный пояс Центральной Африки. Он образован полосой пластовых месторождений длиной 160 км и шириной до 50 км, вытянутой в общем направлении на северо-запад. Полоса располагается на территории двух стран – Замбии и Демократической республики Конго. *(Медный пояс Африки)*. Она образована двумя параллельными рядами месторождений, отстоящих друг от друга на 25–30 км. На продолжении ее располагаются медные кобальтовые и урановые месторождения Катанги, ассоциирующиеся с вулканическими центрами. Среднее содержание меди здесь на уровне 2 %, но часто достигает 6 %. Недаром чешские путешественники Ганзелка и Зикмунд, говоря о здешних медных месторождениях, называют их «скандал в Катанге», имея в виду необычно высокие, скандальные содержания металла.

Рис. 1. 3.6. Район расположения меденосных месторождений Замбии.

Месторождения залегают в верхнепротерозойских отложениях, представленных аргиллитами, доломитами, полевошпатовыми кварцитами, смятыми в дугообразные складки. Руды образуют серию выдержанных пластовых тел. Главные рудные минералы – пирит, халькопирит, борнит, халькозин, Большинство рудных тел окислено и выщелочено на глубину 50–60 метров. Рудные минералы зоны окисления представлены малахитом, халькозином, купритом, хризоколлой.

Эксплуатация месторождений Замбии началась в начале XX века, но интенсивные разработки датируются началом 20-х годов того же века. В предвоенные годы в Замбии начало разрабатываться месторождение Роан Антелоп, в годы войны месторождения Нкано и Муфукили. Непосредственно после войны начало интенсивно разрабатываться месторождение Нчанга, а в 60-х годах XX века – Чибулунга. В Демократической республике Конго (ДРК) расположено одно из крупнейших в мире месторождений Тенке Фангарами. Это самое крупное месторождение Африки и одно из крупнейших месторождений в мире по запасам меди. В 2008 году из его руды было произведено 400 тысяч тонн меди. Другие крупные месторождения в ДРК Кинсевере, Фронтиер, Кашиме и Кибамба.

Предполагается, что меденосный пояс Центральной Африки содержит 5 млрд. тонн медной руды. Здесь производится около 90 % меди, добываемой в Африке.

Рис. 1.3.7. Карьер на Нкане, одном из медных месторождений Замбии. На заднем плане – копры шахт и завод по производству черновой меди.

Геология и минералогия этих месторождений рассматривается на примере гигантского Джезказганского месторождения в Казахстане.

Джезказган

В начале 20-х годов ситуация с добычей меди на Урале пришла в полный тупик. Хищническая добыча малахита как легкоплавкой руды на медь прекратилась в связи с отработкой зон окисления. Коренные же колчеданные месторождения характеризовались низкими содержаниями меди, к тому же связанной с тугоплавкими сульфидами. А предстоящая индустриализация требовала большого количество меди. И тогда российские геологи обратились к известному с конца XVIII века рудопроявлению меди, расположенному в самом центре Казахстана – Джезказгану.

Медные руды в районе были известны с доисторических времен. Первое письменное упоминание об этом месторождении находим в «Дневных записках капитана Рычкова в Киргиз-кайсацкой степи в 1773 году». Записки послужили толчком к посылке в район нескольких экспедиций, одна из которых была организована Г. С. Волконским, отцом декабриста С. Волконского. Она подтвердила наличие больших запасов в центральном Казахстане руд меди, свинца и цинка. В честь этого открытия была выпущена медаль из серебристого свинца из Джезказгана с надписью «Европа венчает Россию славой, Азия отверзает ей свои сокровища». В 1846 году екатеринбургский горнопромышленник Н. А. Ушаков начал разведочные работы. Лицензию на разведку и отработку взяла компания Рязановых. Но денег у компании не хватило и в 1909 году она была перекуплена англичанами. Одновременно англо-французские акционеры взяли в аренду на 30 лет у бая Карсакпая участок земли площадью 1420 гектар в урочище Карсакпай для строительства медеплавильного завода. В 1914 году был заложен первый фундамент заводских сооружений, построили плавильный цех, но после Февральской революции иностранцы покинули завод.

Первые профессиональные геологические работы в районе были проведены А. Козыревым (1908 год) и английским геологом С. Боллом (1910 год). Оба считали руды Джезказгана эпигенетичными. В то же время П. Гарви и А. Краснопольский считали их сингенетичными. Так изначально были начаты гипотезы о генезисе руд Джезказгана.

Геологоразведочные работы начались в конце 20-х годов в связи с началом индустриализации СССР. Руководил ими И. П. Яговкин (1886–1934). Сын крестьянина-бедняка, он в 1917 году окончил Горный Институт в Ленинграде и работал в Геолкоме *(Попов Ю., В. Новиков, 1967)*. С 1925 по 1929 год он возглавлял все геологоразведочные работы в Джезказгане. Он же, И. П. Яговкин, разработал гипотезу генезиса месторождения, определившую

его судьбу – отводившую главную роль в формировании месторождения особенностям его тектонического строения в противоположность идеям стратиформной его природы.

Он-то и взял на работу человека, с именем которого сейчас связывают открытие медного гиганта – Каныша Имантаевича Сатпаева. К. И. Сатпаев был первым геологом-казахом. Это (наряду с природным талантом) и решило его судьбу. Выходец из зажиточной семьи – отец знал арабский и умел читать, и повидимому был баем, недаром на казахском фамилия Сатпаева пишется как Сетбаев. С 1909 по 1911 он учился в аульной школе. В 1911 году Каныш Имантаевич поступил в русско-киргизское училище, которое и окончил в 1914 году с отличием. После этого он отправился учиться в двухгодичную Семипалатинскую учительскую семинарию. Он закончил ее экстерном. Грамотных среди казахов-степняков было очень мало. В 1920 году Сатпаев был назначен первым в Баянауле председателем Казкультпросвета, созданного с целью укрепления советской власти. Тогда же постановлением Павлодарского ревкома он был назначен народным судьей 10 участка Баянаульского района. В 1921 году состоялась его встреча с замечательным русским геологом М. А. Усовым, которая и решила его судьбу. Он поступил в Томский технологический институт. Учился Сатпаев, преодолевая периодические вспышки туберкулеза. Окончить Томский технологический он смог только при помощи М. А. Усова, который приезжал к нему в аул и помогал проходить курс дома *(Сатпаев Каныш Имантаевич)*.

Рис. 1.3.8. К. И. Сатпаев в Джезказгане в 1930-х годах.

В 1926 году, окончив институт и получив диплом, Сатпаев был отправлен в Атбасарский трест цветных металлов на должность начальника геологического отдела, а через год был избран членом правления треста.

Здесь впервые сказалась важнейшая черта Каныша Имантаевича как исследователя – его вера в минеральные богатства края, доскональное знание их и стремление полностью их использовать. Руководство завода относилось к перспективе добычи меди очень скептически, считая, что запасов хватит не более чем на 10–15 лет. Однако, после знакомства с геологией на месте, Сатпаев не согласился с этой оценкой, считая, что запасы огромны, прежде не обнаруженные. Он добился выделения одного станка и начал бурение. Через год после начала работ он наткнулся на пласт руды мощностью более десяти метров. Результаты проведенных в Ленинграде анализов показали богатые содержания металла. Это дало Сатпаеву возможность добиться второго бурового станка. Проблемы, с которыми ему приходилось иметь дело, иллюстрируются его предложением использовать для обогрева буровых не срубы, а войлочные юрты. Это позволило значительно сэкономить время и деньги на бурение. В 1925 году по постановлению СТО начались работы по восстановлению Атбасарских (Джезказганских) медных приисков в Казахстане.

Через год после начала работ (1928 год), Сатпаев наткнулся на крупный пласт медной руды мощностью около 10 метров. Проведенные анализы показали, что это неизвест-

ный ранее пласт с богатым содержанием меди. Это открытие позволило в 1929 году расширить поисковые работы вдвое. В течение этого года открыть три новых рудных тела и новое рудное поле. На основе этих данных Сатпаев публикует в журнале «Народное хозяйство Казахстана» статью, в которой говорил, что район Джезказгана представляет собой одну из богатейших медных провинций мира. Он приходит к выводу о недостаточной мощности Сарсыкпайского медеплавильного завода для переработки Джезказганских руд. Он неоднократно выступает с предложением построить водохранилище, и ширококолейную железную дорогу к месторождению. Предложения Сатпаева вызвали негативную реакцию треста и Геолкома. Но она не остановила исследователя. Он добивается встречи с председателем ВСНХ Г. М. Кржижановским. В результате этой встречи ассигнования на следующие два года были расширены и Сатпаеву удалось добиться получения дополнительной буровой техники и технических специалистов. Но в начале 1933 года Геолком принял решение о резком сокращении финансирования разведочных работ в Джезказгане. Основанием для этого решения была неразвитая инфраструктура района – не было ни железной, ни автомобильной дороги, не было воды и других элементарных условий для жизни и работы. Каныш Имантаевич был вынужден искать дополнительные источники финансирования. Он заключил соглашения с трестами Золотороазведка и Лакокрассырье о разведке необходимых им месторождений. Но и этих средств было недостаточно. С помощью М. А. Усова и В. А. Ванюкова Сатпаев выступает в АН СССР и доказывает уникальность Джезказгана. И он добился своего. В постановлении третьей сессии АН СССР в 1934 году говорится о необходимости строительства в течение третьей пятилетки Джезказганского медеплавильного комбината и ветки железной дороги Караганда – Джезказган – Коунрад. Лишь к 1940 году решения были проведены в жизнь. В годы войны Каныш Имантаевич вносит крупнейший вклад в Победу. Крупнейшее марганцевое месторождение Никополь было захвачено врагом, дорога ко второму крупнейшему марганцевому месторождению – Чиатуре была отрезана. Черная металлургия осталась без марганца. Делать броневую сталь было не из чего. И тут Каныш Имантаевич посылает поисковую партию на марганцевое рудопроявление Джезды. Он настаивает, чтобы по первым же оценкам была начата разработка этого месторождения. Его предложение опять было отвергнуто за недостаточностью объемов подтверждающих разведочных работ. Но нужда в марганце была слишком острой и Джезды начал давать марганец сталеплавильным предприятиям Урала. Доля казахского марганца в годы войны составила более 70 % от общего его потребления в Союзе.

Партийно-хозяйственному руководству СССР Сатпаев пришелся как нельзя более кстати. Мало того, что он был талантливым ученым-естествоиспытателем, он был, что называется, «национальный кадр». Он был в числе тех деятелей советской технической интеллигенции, кто сквозь пальцы смотрел на использование труда лагерников и цену, которой была оплачена индустриализация страны. В этом отношении он вполне подобен создателю Кузнецкого металлургического комбината И. П. Бардину, с которым он и изображен на фотографии (Рис. 1.3.9), сделанной в 1949 году в Караганде.

Рис. 1.3.9. Академики К. И. Сатпаев (слева) и И. П. Бардин (справа) в Караганде в 1949 году.

Сатпаев Каныш Имантаевич доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик АН СССР и АН Казахской ССР (которую он и создал, и первым президентом которой он стал), лауреат сталинской премии 1942 года, дважды кавалер ордена Ленина, заслуженный деятель науки. В 1946 году комиссия ЦК КП Казахстана организовала проверку деятельности института языка и литературы АН Казахской ССР. В итоге ее работы было указано на националистические уклоны в работе филологов. От Сатпаева потребовали увольнения ряда научных работников, известного казахского писателя М. Ауэзова. Сатпаев категорически отказался. Тогда его самого освободили от работы президента Академии наук Казахстана. Президент союзной Академии, академик А. Н. Несмеянов, предложил ему перейти на работу председателя Уральского филиала АН СССР. Сатпаев отказался и перешел на работу Директора института геологических наук Казахской АН в Алма-Ате. Здесь он проводит большую работу, разрабатывая методы формационного анализа.

Строительство города и завода началось в 30-е годы и строились они по типичным стандартам времен индустриализации, то есть голодными лагерниками. Недаром Джезказган называли казахской (медной) Магниткой. Но достроен он был в первые послевоенные годы трудом японцев-военнопленных. Здесь во вполне обычных для России, но нарушающих все международные нормы, лагерях работало 9000 военнопленных (а всего в Казахстане их было 58900 японцев). Смертность была огромной. Именно после их четырехлетнего труда Джезказган и получил статус города, который был назван Большой Джезказган *(Канафина, 2003)*.

В соответствии с общей тенденцией всех «освобождающихся от оков колониализма» стран город переименован в Жезказган («город меди», каз.). Сейчас здесь добыча меди производится в трех шахтах и двух карьерах. Медеплавильный комбинат входит в десятку самых крупных медеплавильных предприятий мира и в пятерку крупнейших в мире производителей серебра. Здесь производится 450 тысяч тонн меди в год *(Стратиформное медное месторождение Джезказган)*. Джезказганская группа месторождений (Джезказган, Итауз, Сарыоба и др.) расположена в северной части герцинской структуры, Джезказган-Сарысуйской мульды, наложенной на раннекаледонское складчатое основание. Продуктивная джезказганская свита в пределах рудного поля состоит из одиннадцати ритмично переслаивающихся пачек сероцветных и красноцветных песчаников, алевролитов и конгломератов. Окраска связана со степенью окисления железа. Отношение сероцветных и красноцветных разностей почти равно 1:1. Минерализация локализуется почти исключительно в сероцветных разностях пород. Промышленное оруденение распространяется до глубины 600 метров.

Общее число слоев сероцветных пород на месторождении равно 26, но промышленное оруденение несут только 13 из них. Эти слои объединены в 9 рудоносных горизонтов, каждый из которых содержит до пяти прослоев рудоносных пород, отделенных друг от друга красноцветными слоями. Наиболее богатые части рудных тел преимущественно приурочены к сводам и крыльям антиклинальных структур и осложняющим их флексурам. 40 % запасов одиннадцати залежей сконцентрировано в сводовой частях куполов, 35 % располагаются на крыльях и флексурах и только 25 % – в синклиналях. Такого рода распределение рудных тел соответствует законам миграции флюидов в осадочных толщах, которое отражается в законах локализации нефтяных и газовых залежей.

Внутреннее строение Джезказган-Сарысуйской мульды характеризуется наличием брахиформных структур второго порядка: широких синклинальных складок, чередующихся с пологими антиклиналями и куполами, крылья которых часто осложнены флексурными перегибами. На участках резких перегибов пластов возникают разрывные нарушения типа сьросов, надвигов и т. п. Геофизическими исследованиями установлено наличие ряда субмеридионального и субширотного направлений, сочленяющихся непосредственно к югу от Джезказгана.

Рудные тела четких геологических границ не имеют, контуры их определяются по данным опробования. По простиранию промышленные руды постепенно, но на сравнительно небольшом расстоянии сменяются забалансовыми, а затем слабо минерализованными породами. Распределение полезных компонентов внутри крупных рудных тел равномерное, выдержанное на больших площадях, однако почти повсеместно наблюдается чередование участков с более высоким и более низким содержанием меди. Местами в блоках промышленных руд встречаются «окна», сложенные забалансовыми бедными рудами и слабооруденелыми породами.

Руды комплексные. Главным компонентом является медь. Существенное значение имеют свинец и цинк. Из примесей используются серебро и рений. В незначительных количествах присутствуют мышьяк, кадмий, висмут, ртуть, золото, молибден. Медные минералы – халькопирит, борнит, халькозин. Отмечается четкая вертикальная зональность в их распределении. В верхних горизонтах преобладает халькопирит, который глубже сменяется борнитом, а еще ниже преобладает халькозин. Для нижних горизонтов характерно повышенное содержание свинца и цинка. В отдельных рудных телах в центральной части преобладает халькозин, который к периферии сменяется борнитом, а последний халькопиритом. Для краевых частей тел характерно увеличение содержания свинца и цинка. Свинцовая минерализация представлена галенитом, цинковая – сфалеритом (клейофаном). Серебро присутствует в виде самородного серебра или в форме изоморфной примеси в решетках в различных сульфидах. Второстепенные минералы представлены пиритом, арсенопиритом, бетехтинитом, джорментом, арсенидами меди и кобальта, блеклыми рудами (теннантитом). Текстурно преобладают вкрапленные руды. Рудные минералы замещают цемент песчаников и конгломератов, реже зерна полевых шпатов и кварца. Текстуры часто полосчатые, определяемые особенностями текстур осадочных пород.

Рис. 1.3.10. Карьер по добыче медной руды в Джезказгане. Стратиформное месторождение Джезказган (геологическое строение и Джезказганский рудник).

Геология Джезказганского месторождения дает основание отнести его к инфильтрационному типу. Отсутствие проявлений вулканизма в период формирования оруденения, стратитиформная природа месторождение и четкий литологический контроль минерализации сближают его с месторождениями медистых песчаников и сланцев, в число которых входит знаменитое Удоканское месторождение, а также урановые месторождения Шинколобве (Демократическая республика Конго) и Шварцвальдер (зона передового хребта в Скалистых горах Колорадо). Вопрос о генетической природе медной минерализации остается открытым. Некоторые указания на его возможное происхождение дают приводимые ниже данные о природе медной минерализации другого крупнейшего медного месторождения Казахстана – Коунрадского месторождения на берегу озера Балхаш, где медная минерализация ассоциирует с диабазовыми излияниями. Это дает возможность высказать гипотезу об общей зараженностью медью всего этого района и мобилизации меди Джезказганского медного месторождения из нижних, предположительно богатых медью горизонтов.

Месторождения, связанные с карбонатитами

Крупнейшее по запасам медное месторождение 1.5 млн. тонн руды со средним содержанием меди 0.68 % связано с карбонатитоввым массивом Палабора, расположенным близ границы Южноафриканской республики с Мозамбиком. Руды комплексные, помимо меди из них извлекают уран, торий, золото, серебро, железо и фосфор. Основными минералами меди являются борнит и халькопирит. Другие минералы – магнетит, апатит, бадделиит, торианит, оливин, флогопит. Разработка ведется открытым и подземным способом с 1966 года *(Палабора)*. В связи с упоминанием медного месторождения, связанного с карбонатитами Палаборы, я хочу напомнить о проекте работ по изучению рудоносности крупнейшего в мире карбонатитового тела расположенного в ядре массива Томтор. Здесь отмечаются орпределенно связанные с ликвацией железные руды типа Кируны и тем самым создаются благоприятные условия для формирования медной минерализации в ходе сульфуризации расплава.

Скарновые месторождения меди

В настоящее время этот тип месторождений считается неперспективным и я помещаю этот раздел просто чтобы отметить факт его существования и ту роль, которую разработка этих месторождений играла на отдельных этапах. Зона окисления меденосного скарнового месторождения на Урале долгое время служила одним из основных источников малахита, шедшего на отделку царских дворцов и соборов в Петербурге. Относительно небольшие скарновые месторождения располагаются в пределах рудных полей месторождений медно-порфирового типа, таких как Саяк (Казахстан), Бисби и Клифтон в Аризоне, США *(Смирнов, 1969)*.

Стратиформные месторождения свинца и цинка

Стратиформные месторождения двух связанных с медью «основных металлов» свинца и цинка содержат 30–45 % общих мировых запасов этих металлов. Они обычно приурочены к одному или нескольким пластам в карбонатных толщах известняков, локализованных в рифтогенных структурах. Общей особенностью этих месторождений, как и месторождений медистых песчаников и сланцев, является полное отсутствие связи с видимыми проявлениями магматичкой активности. Рудой являются карбонатные породы, содержащие гнезда, вкрапленники и тонкие прожилки сульфидов (галенит и сфалерит). Кроме этих рудных минералов присутствуют сульфиды железа и меди. Оруденение не распространяется на значительную глубину, но характеризуется большими размерами и большой протяженностью по простиранию *(Стратиформные месторождения свинца и цинка)*. По геологическим особенностям среди них выделяется несколько типов:

Месторождения Каратаусского типа приурочены к углисто-кремнисто-известково-доломитовым формациям. Толщи локализованы в пределах линейных рифтогенных структур. Характерна многоярусность в распределении оруденения, обогащенность рудных пластов органическим веществом, определяющим кристаллизацию рудных компонентов. Для них характерна минералогическая и геохимическая бариево-свинцово-цинковая специализация. Типичными примерами месторождений этого типа являются Миргалимсайское, Шалкинское в горах Каратау (Казахстан), Сумсарское, Джергалан (Кыргызстан), Сардана, Барвинское (Россия), цинковые месторождения восточного Теннесси (США).

Месторождения типа Миссисипи-Миссури локализуются в доломитовой рифогенной формации. Рудные залежи локализованы в барьерных рифовых постройках и сопряженных с ними карбонатных фациях. Они располагаются на разных стратиграфических уровнях. Морфология рудных тел контролируется конседиментационными структурами карбонатных осадков, сформировавшихся в условиях мелководья. Руды грубополосчатые, вкрапленные до массивных, Месторождения считаются в основном свинцоворудными, но среди них выделяются существенно цинковые или существенно свинцовые, обычно лишены барита. Содержание свинца в целом по району составляет 5.8 %, цинка – 1 %. Общие запасы оцениваются в 6.7 млн. тонн свинца и 1.5 млн. тонн цинка. К этому же типу относятся месторождения Пайн-Пойнт (Западная Канада), в среднедевонских коралловых рифах и, вероятно, в месторождениях Силезии (Польша), Сардана и Уруйское (Россия, Якутия). Из руд месторождений этого типа также извлекают медь, кадмий, серебро, кобальт, никель.

За время эксплуатации месторождений этого типа с 1720 года из них было добыто более 12 млн. тонн свинца и 11 милионов тонн цинка.

Приведенные в разделе первом этой главы сведения о различных формах медь-содержащих минералов *(Габлина, 2008)*, открывают возможность нового подхода к анализу усло-

вий генезиса месторождений медистых песчаников и сланцев. На Удоканском месторождении было установлено широкое развитие нестехиометрических минералов – индикаторов низкотемпературных экзогенных условий образования. Среди них присутствуют реликты высокотемпературных тетрагональных форм. Автор приходит к выводу о том, что формирование месторождения протекало длительно на фоне литогенеза и последующих преобразований вмещающих отложений, а максимальные концентрации меди связаны с процессами метаморфизма и вторичного сульфидного обогащения. На месторождении Любин-Серошовице первичные руды на стадии катагенеза подверглись воздействию поздних окислительных растворов, приведшему к перераспределению с образованием зон гематитизации, выщелачивания и вторичного сульфидного обогащения и привнесению радиоактивных элементов и платиноидов.

Медь в сульфатных растворах может переноситься далеко от первичных месторождений до тех пор, пока они не попадут в восстановительную среду, богатую органикой. Так объясняется появление тонкодисперсной меди в торфяниках реки Левиха (Средний Урал) на значительном расстоянии от Левихинского медноколдчеданного месторождения *(тот же источник, что и в работе Base metals)*. Обсуждая вопрос происхождения медистых песчаников и сланцев Пермского Предуралья, В. В. Болотов говорит, что открытие в них вулканогенного материала позволяет предполагать, что источники меди и полиметаллов связаны прежде всего с железосодержащими твердыми растворами. В период переотложения вулканитов полиметаллы высвобождаются из твердых растворов без нарушения целостности последних и переходят в седиментационные растворы. При наличии сероводорода в осадок выпадают сульфиды меди с образованием сингенетичных месторождений. Красноцветные породы в значительной мере насыщены железистыми минералами, иногда они составляют главную часть тяжелой фракции проб и протолочек. Высвобождение полиметаллов происходит, по-видимому, в ионной форме. В связи с тем, что вулканиты Пермского Предуралья первично обогащены карбонатным материалом, кальцит может замещаться ионами меди с образованием на поверхности карбонатов меди. Выше рассматривался пример стратиформных медных месторождений Замбии, источником меди для которых могли служить связанные с вулканитами месторождения Катанги.

Общие вопросы металлогении меди

При всем поразительном многообразии генетических типов медных месторождений при просмотре материалов по их геологии сразу бросается в глаза тенденция к расположению их в виде линейных поясов большой (сотни километров) протяженности. Таковы линейные зоны медных месторождений Урала, Южной Америки, современных и древних островных дуг. Это объясняется совпадением поясов медных месторождений с вулканическими и интрузивными поясами. Пояса медных месторождений совпадают с вулканическими и интрузивными поясами. Оно отражает важнейшую черту металлогении меди – связь именно с вулканическими (а не вулкано-плутоническими или интрузивными) поясами. Другими словами, медные месторождения формируются в открытых системах, прямо связанных с дневной поверхностью. Месторождения массивных руд кипрского типа ассоциируются с базальтами, типичными для срединно-океанических хребтов, месторождения типа Куроко с поясами базальт-андезитового вулканизма характерными для островных дуг и связанных с ними раннеорогенных геотектонических систем (типа Камчатки). Во всех случаях, когда медные месторождения пространственно, и, возможно, парагенетически связаны с гранитными интрузиями, они также образуют линейные зоны, сформировавшиеся в ходе орогенических движений. Если «открытость» систем, связанных с вулканическими аппаратами, очевидна, то важно отметить особенности структуры медных месторождений меднопорфи-

рового типа, свидетельствующих о газовых взрывах в период их образования. Порфировые структуры вмещающих пород и штокверковая форма рудных тел прямо свидетельствуют об этом.

Приведенные данные показывают зависимость медной минерализации от разных по составу вулканических комплексов. Тут важно подчеркнуть частую и очевидную связь медных месторождений именно с базальтовым вулканизмом, прекрасно выраженную для месторождений Кипрского типа и для месторождений типа Куроко. Не менее характерна история изучения типа вулканических проявлений с медными месторождениями Армении *(Зограбян)*.

Постоянная порфировая структура гранитоидов, с которыми они связаны (что и определяет название типа месторождений этого типа), и обычная для них штокверковая структура рудных тел определенно свидетельствует о связи магматических систем, с которыми связаны рудогенерирующие гранитоиды с поверхностью. Меняется и состав апикальной части магматического комплекса – вместо базальтов, с которыми ассоциируются месторождения Кипрского типа и типа Куроко, медно-порфировые месторождения обычно ассоциируются с интрузиями гранитоидов, вместо прямого извержения лав на поверхность здесь формируются приповерхностные интрузии. Важно отметить, однако, что параллельно с изменением характера магматизма, с которым ассоциируются месторождения, происходит модификация металлогении. Медные месторождения, непосредственно связанные с вулканами, сменяются медно-молибденовым и кварц-молибденитовым месторождениями.

Другое происхождение имеют пояса стратиформных месторождений Замбии. Линейное их распределение отражает линейную складчатость пород, контролирующих структурную локализацию контролирующих их осадочных толщ.

Логическим продолжением этого тренда является подход, использованный в работе Ф. Пираджно *(Piranjo, 2009)*, который при рассмотрении процессов локализации рудных месторождений во главу угла поставил геодинамику их формирования. Что существенно при этом, он, рассматривая геодинамику, не ограничился парой срединно-океанические хребты – островные дуги, т. е. изначально вышел за рамки теории тектоники плит. В основу его подхода положен анализ деформации кратонизированных блоков. К этому его логически привело рассмотрение рудных месторождений Китая и Австралии, основу структуры которых составляют кратонизированные блоки, разделенные подвижными поясами разного возраста и генезиса. Таким образом он прямо подходит к идеям «вихревых структур» Ли Сы-гуана и других структурных образований, связанных с вращением Земли.

Очень важный следующий шаг в понимании металлогенической специализации был сделан в работе А. А. Маракушева, И. А. Панеяха и С. И. Зотова *(Маракушев, Панеях и Зотов, 2011)*. Они впервые, насколько мне известно, применили к колчеданным месторождениям идею Д. С. Коржинского *(Коржинский, 1974)* о трансмагматической природе рудообразующих флюидов. На этой основе они устанавливают связь взаимодействия трансмагматических флюидов с сульфуризацией глубинных магматических очагов, и делают попытку увязки тектонических, плутонических и вулканических процессов с рудообразованием. Связь колчеданного и полиметаллического рудообразования с кислым вулканизмом прослеживается в месторождениях архейского пояса Абитибе или миоценового пояса Куроко, а также в Уральской провинции. Описано современное образование цинково-медных руд совместно с подводными вулканическими извержениями в задуговом бассейне Восточное Мануа (Нов. Гвинея) *(Pirajno, 2009)*. Образование колчеданных месторождений цинково-медных руд долгое время не связывалось с проявлением кислого вулканизма, но разбуривание рудоносных площадей Атлантики позволило выявить здесь жильную ассоциацию плагиогранитов с габбро *(Sherwood-Lollar., Westgate, Ward, et al., 2002)*. Отмечается наличие двух трендов: Боуэновский, характеризующийся гомодромным развитием и после-

довательным понижением железистости пород в ряду базальты – риолиты. По преобладающему типу вулканических пород его можно назвать андезитовым. Магматизм этого типа сопряжен с разрушением континентальных сиалической коры, уменьшением ее мощности.

При эволюции по второму типу, названному феннеровским, андезиты практически отсутствуют, вытесняясь контрастной ассоциацией базальтов с кислыми дифференциатами.

Богатые железом дифференциаты возникают в ходе эволюции магм по этому типу при флюидном на них воздействии.

Признаком глубинного магматизма служит «обращенность рельефа», свойственная континентальным депрессиям. Они выражаются в том, что углубление депрессий всегда сопровождается встречным воздыманием мантии, обусловленным глубинным магматизмом, в том числе гипербазитовым.

При образовании ультражелезистых дифференциатов руд под флюидным воздействием и те и другие могут приобретать сульфидную специализацию, хотя и принципиально-различную: медно-никелевую и медно-цинковую.

По представлениям авторов, колчеданные и полиметаллические (дисульфидные) месторождения образуются в результате развития соответствующего вулканизма, зоны питания которых лежат в верхних частях расслоенных магматических очагов.

Авторы говорят, что широкие вариации отношения железа к марганцу в кремнисто-железистых породах, ассоциирующихся с колчеданными рудами, отражают неравномерность глубинной сульфуризации, с которой связано их окисление, порождающее кварц-магнетитовые или кварц-гематитовые расплавы. Более того, при вовлечении в реакцию CO_2 генерируются углеводороды, как и в процессе дисульфидной сульфуризации. Дисульфидная сульфуризация ультражелезистых дифференциатов сопровождается генерацией углеводородов.

Углеводородное сопровождение образования сульфидных месторождений наглядно выражено в современном их развитии в океанах, где они постоянно ассоциируются с гидротермальными выходами и жидкостным просачиванием углеводородов *(Cruse, Seewald, 2006)*.

В архейских колчеданных месторождениях пояса Абитиби в керне глубоких скважин описаны включения разнообразных углеводородов – метана, пропана, бутана, сходных с углеводородами хондрита Murchinson. *(Sherwood-Lollar, Westgate, Ward, et al.2002)*. Все это подтверждает представления, развитые в работе В. И. Белоусова и автора о способности флюидов мигрировать сквозь мантию и генерации тепловой энергии в процессе окисления трансмагматическими растворами базальтовых расплавов *(Эрлих, Белоусов, 2012)*. Рудогенерирующая способность флюидов осуществляется образованием в магматических системах ультражелезистых жидких фаз, проявляющих при сульфуризации химическое сродство к определенному парагенезису рудных минералов и экстрагирующих его из трансмагматических растворов. Экстракция меди выражена универсально, но сопровождающие медь халькофильные металлы представлены разнообразно, в зависимости от специфики подвергающихся сульфуризации базитовых ультражелезистых дифференциатов, отличающихся существенным содержанием в них магния. Они подвергаются моносульфидной дифференциации, что сопровождается концентрацией совместно с медью никеля и металлов платиновой группы. Это ведет к образованию формации медно-никелевых моносульфидных месторождений (типа Седбери).

Предполагается, что важнейшим событием на ранних этапах эволюции магматической системы явилось расслоение родоначальной магмы на два несмешивающихся расплава – рудный, обогащенный железом и силикатный, резко обедненный железом. Именно это расслоение, ликвация, привела к выделению и циркуляции обогащенных медью флюидов *(Маракушев А А., И. А. Панеях и С. А. Зотов, 2011)*. Эта схема развития магматической

системы имеет важные практические последствия с точки зрения рудоносности. Она, в частности, объясняет генезис медной минерализации в карбонатитовом теле Палабора (Южная Африка). Аналогичный процесс должен иметь место при формировании сложенных магнетитолитами дугообразных дайковых тел, обрамляющих центральное ядро массива Томтор. Предполагается, что как и руды шведского магнетитового месторождения Кируна, они сформировались в ходе ликвации родоначального магматического расплава. Это позволяет ожидать находку в карбонатитовом ядре значительной по размеру медной минерализации. Учитывая постоянную связь медной редкометалльной и редкоземельной минерализации, можно считать вероятным, что редкометалльная и редкоземельная минерализация массива Томтор связана именно с флюидами, формирующимися именно на этом этапе.

Все (или по крайней мере большинство) металлогеническх построений основано на попытках установлениях связи месторождений с определенным типом интрузий. И через химизм интрузий устанавливается связь с этапами тектонического процесса. В последние десятилетия много писалось о связях месторождений минерального сырья с дайковыми сериями или гипабиссальными интрузиями. Насколько я знаю, связь минеральных месторождений непосредственно с вулканическим процессом отмечается впервые.

Вопросы формирования стратиформных месторождений меди и других основных металлов. Гигантские размеры месторождений этого типа обусловлены большим объёмом гидротерм, исключительной проницаемостью вмещающих толщ, обусловленной интенсивным развитием зоны сдвига, и высокими концентрациями в них Fe.

Главной характерной чертой этих месторождений является отсутствие какой-либо видимой связи с магматическими проявлениями. Вопросы формирования стратиформных месторождений меди и других основных металлов связаны с двумя типами проблем: структурным контролем и вопросами источников рудного вещества и его миграции. Общие вопросы структурного контроля месторождений такого типа рассмотрены в главе 9 замечательной работы Ф. Пираджно *(Pirajno, 2009)*, имеющейся в русском переводе В. И. Белоусова Предполагается, что их формирование связано с миграцией метаморфических флюидов. Гигантские размеры месторождений этого типа обусловлены большим объёмом гидротерм, исключительной проницаемостью вмещающих толщ, обусловленной интенсивным развитием зон сдвиговых деформаций, и высокими концентрациями в них металлов.

Литература

Балхашский горно-металлургический комбинат.

Боливия – Все о геологии.

Болотов А. А., К вопросу о генезисе медистых песчаников и сланцев Западного Приуралья.

Восточный Коунрад.

Габлина А. А., 2008, Минералы систем Cu-S и Cu-Fe-S, как индикаторы условий образования сульфидных руд.

Дергачев А. Л. Эволюция вулканогенного колчеданообразования в истории Земли.

Зограбян С. А., К генезису месторождений Сомхето-Карабахской островодужной постройки.

Канафина Ж., 2003, Японский след. Кипрские месторождения. Полиметаллические месторождения в вулканогенных (Куроко).

Коржинский Д. С., 1974, Взаимодействие магм с трансмагматическими флюидами. // Записки Всесоюзного Минералогического Общества, часть 103, вып. 2, с. 173–178; Коунрадское месторождение.

Маракушев А. А., И. А. Панеях и С. А. Зотов, 2011, Петрогенетические типы колчеданных месторождений.//Литология, № 3, стр. 84 – 111.

Медные руды;

Медный пояс Африки. Палабора.

Периодическая система элементов Менделеева. Медь.

Разведка Коунрадского штокверкового месторождения.

Русаков Михаил Петрович.

Саяк – земля, находящаяся в стороне.

Сатпаев Каныш Имантаевич.

Смирнов В. И, 1969. Геология полезных ископаемых,// М. Недра, 686 стр.

Стратиформные месторождения.

Стратиформное медное месторождение Джезказган. (Джезказганский рудник)

Стратиформные месторождения свинца и цинка.

Сферы применения меди.

Что для Чили хорошо, то для Урала…

Экспедиция М. П. Русакова 1929 года.

Попов Ю., В. Новиков, 1967, Подтверждая смелые гипотезы.// Индустриальная Караганда, 21 сент. Стр. 4.

Эрлих Э., Белоусов В. И., 2012, Геолого-петрологические проблемы геотермии.

Barrie C. T., Ladden J. N., E. E. Green. T. B. N., 1993, Geochemistry of volcanic rocks associated with Cu-Zn and Ni-Cu deposits with felsic volcanic rocks in eastern back-arc basin Papua, New Guinea. //Economic Geology, v. 88, p. 1341–1358.

Base metal.

Brandes P. T. Geology of the Keweenaw Peninsula, Michigan.

Cruse A. M., Seewald J. S., 2006, Chemistry of low-molecular weight hydrocarbons inhydrothermal fluid Middle Valley Juan de Fuka Ridge// Geochem. Cosmochim. Acta, v. 70, p.2073–2092. Michigan's copper deposits.

Erlich E., Gorshkov G. S., eds., 1979, Quaternary volcanism and tectonics in Kamchatka.// Bull.Volc., v. 42, iss. 1–4.

Geology of the Kuroko deposits. S. Ishihara (eds,). //Vining Geology. Sp. Issue, 1973 #6 546.

Pirajno F., 2009, Hydrothermal Processes and Mineral Systems. Chapter 9, Orogenic, Amagmatic and Hydrothermal Mineral Systems of Uncertain Origin. //Springer, Geological Survey of Western Australia, pp. 885 – 1024.

Sherwood-Lollar B., Westgate T. D., Ward J. E., et al., 2002, Abiogenic formation of alkalines in Earth's crust as a minor source of global hydrocarbon.//Nature, v. 416, p. 522–534.

Глава 1.4. Олово Корнуолла и бронзовый век Европы

В институтском курсе мы знакомились с геологией оловянных месторождений Боливии, морскими россыпями района островов Банка и Биллитон к югу от полуострова Малакка, говорили о месторождениях Китая. После этого рассматривались советские месторождения Сихотэ-Алиня. Месторождения Корнуолла в Великобритании, сыгравшие решающую роль в истории человечества, остались вне рамок курса – ведь они были полностью отработаны. Настоящим очерком я пытаюсь исправить эту несправедливость.

Перелом наступил только в конце тысячелетия, когда перешли к изготовлению бронзы, сплава меди и олова, то есть с наступлением Бронзового века.

Было замечено, что при добавлении в тигель с медной рудой небольшого количества олова или мышьяка физические свойства нового материала резко меняются, а конечный продукт – бронза – становится твердым и прочным. Так начинали развиваться металлургия и литье. Приблизительно в ту же пору появились и железные изделия, но мягкое железо как материал для оружия и орудий было хуже бронзы. Бронзовый век продолжался еще 1000 лет, пока не появилась технология производства сталей. Из бронзы делали прямые длинные мечи. Бронза была тверже железа и не такой хрупкой, как сталь. Бронзовые наконечники не обладали пробивной способностью железных, но они изготовлялись массово на специальном станке по 100–200 штук разом. Причем бронзовые изделия, полученные при отливке, были стандартны – качество, недостижимое для изделий из железа, которые надо было индивидуально ковать. Огромным преимуществом бронзы была легкость отливки изделий из нее. Особенно это относилось к изделиям сложной формы – шлемам, доспехам, цельнолитым кирасам. Это свойство бронзы открывало возможности для массового производства изделий.

Китайцы еще в I тысячелетии новой эры отливали из бронзы детали к арбалетам и многое другое. С XV века бронза стала основным материалом для изготовления пушек.

В Европе бронза начала производиться уже около 2500–2000 года до н. э. Бронза – это сплав, на 85–95 % состоящий из меди и на 5 – 15 % из олова или мышьяка. Почти вся бронза до 3000 года до н. э. была мышьяковистой, она содержала до 5 % мышьяка. Египетская бронза, бронзы Крита и западной части Средиземноморья исключительно мышьяковистая. Такая бронза не поддается отливке так легко, как оловянная бронза, и намного мягче ее.

В пределе бронза, выплавляемая в древние времена, содержала до 22 % олова. Температура плавления оловянной бронзы 950°С, в то время как для плавки меди необходимо 1084°С и даже выше. Разница в 100°С оказалась решающим фактором для металлургов древности.

Олово было редким металлом, как правило, его надо было завозить. Пожалуй, первыми оловянными бронзами были бронзы Анатолии, связанные с добычей олова из месторождений Киликии и Тавроса. Уже в конце XX века, около 1984 года, археологи установил, что здесь разрабатывалось около 40 месторождений олова. Большое поселение Кёльтепе производило олово в период с 3290 до 1840 года до н. э. *(История меди и бронзы)*.

Караваны ослов доставляли металл к потребителю. Около 2350 года до н. э. аккадский царь Саргон пишет о том, что один караван нес около 12 тонн олова. Этого было достаточно, чтобы выплавить 125 тонн бронзы и вооружить значительную армию изделиями из нее. После падения Аккада грузы доставлялись ассирийскими купцами из Ашшура, в нынешнем северном Ираке, в район медных месторождений Кёльтепе в сегодняшней Турции к располагавшимся там металлургическим центрам. Общий вес доставляемого за год олова был существенно выше тонны, а этого хватало для изготовления 1015 тонн бронзы в год. Импер-

ские государства, такие, как Ассирия и Минойская империя, делали все от них зависящее, чтобы охранять торговлю оловом.

Производство бронзы на душу населения было невелико и зависело от наличия добываемых или закупаемых сырьевых ресурсов. В Вавилонии оно достигло 300 граммов, а в Египте – 50 граммов в год на душу населения. В России при Петре за счет освоения медных месторождений Урала ее производство достигло 100 граммов на душу населения.

Появление бронзы знаменовало начало Второй промышленной революции в истории человечества. (Первой я бы назвал неолитическую революцию – переход от палеолита к неолиту.) С неё впервые началось развитие настоящего промышленного производства – горной промышленности и металлургии.

Путешествие к Корнуоллу из Средиземноморья требовало выхода за «Геркулесовы столбы» и плавания в открытом океане вокруг Пиренейского полуострова. Именно соединение оловянных ресурсов Корнуолла с медью Средиземноморья сделало возможным Бронзовый век Европы.

Создание бронзы теснейшим образом связывалось с наличием сырьевых ресурсов – меди и олова. Если медь была достаточно распространена в странах Средиземноморья, то второй решающий компонент – олово – отсутствовал здесь полностью. Олово надо было везти из наименее удаленных месторождений на полуострове Корнуолл в Великобритании.

В Корнуолле обнаружены остатки древних горнов со шлаком. Отмечается идентичность изотопного состава олова в европейской бронзе и касситеритах из Корнуолльских месторождений. Финикийцы закупали касситерит и доставляли его в Средиземноморье непосредственно к районам добычи меди, в частности, на крупнейших медных месторождениях Кипра. Наряду с Кипром, одним из основных центров производства меди была Тимна к северу от Эйлата. Только в районе самой Тимны обнаружено 300 центров производства, а всего на Синае их насчитывается четыре сотни. Другой центр существовал в Феннане на юге Ливана.

Плавка сульфидных медных руд стала экономически доступной примерно около 1600 лет до н. э. С этих пор Кипр становится крупнейшим центром производства меди и бронзы. Около 1470 года до н. э. правитель Кипра заплатил дань фараону Тутмосу III 108 слитками меди, и каждый слиток весил 30 кг (65 фунтов). Корабль, потерпевший кораблекрушение около 1300 года до н. э. у мыса Гелидония турецкого берега, нес до тонны медных и несколько дюжин небольших оловянных слитков, новое бронзовое оружие и орудия кузнечные производства. Таким образом, как полагают археологи, груз одного корабля мог поставить материал для вооружения армии небольшого города-государства микенского времени: 50 бронзовых доспехов, 500 наконечников копий, 500 бронзовых мечей. Гомер говорит, что его герои носили кипрскую броню в период Троянской войны (около 1100 лет до н. э.).

Огюст Роден потрясающе точно передал смысл понятия «Бронзовый век», воплотив его в образе юноши, пробуждающегося к активной жизни в мире и одновременно к мыслительной деятельности.

Рис. 1. 4 Огюст Роден. Бронзовый век.

Новая эра требовала инициативных, деятельных людей. Это тот тип, который мы привыкли определять как «человек эпохи Возрождения», органично сочетающий активную практическую деятельность в различных областях науки и искусства.

Согласно традиции, оловянная руда была впервые привезена в Средиземноморье легендарным Кадмом – финикийским купцом, пиратом, мореплавателем, о котором рассказывает крупнейший знаток античности Анатоль Франс. Не исключено, что он не только привез руду, но и участвовал в разработке технологии получения бронзы и отливки изделий из нее. Это он основал знаменитые Фивы в Беотии в Греции, соперничавшие по богатству с Афинами. Произошло это в достаточно древние времена – во всяком случае, по словам А. Франса, еще современник греко-персидских войн Софокл называл Кадма «Древним Кадмом». В повести Франса призрак Кадма восхваляет себя, говоря, что эллины, египтяне и италийцы раскупали его олово на вес золота: «Я дал им бронзу, и от меня они научились ремеслам». Так что, видимо, он основал это производство.

Естественно, развитие бронзовой культуры во времени шло параллельно в различных территориальных центрах, где сливались потоки снабжения обеих составляющих бронзы – меди и олова. Среди них, в первую очередь, следует назвать, конечно Китай. П. Н. Милюков *(1995)* отметил, что на южной границе Европы переход от неолита к бронзе происходил настолько постепенно, что провести границу между ними можно только условно. Это относится к так называемой Трипольской культуре. Предполагается, что «трипольцы» были индоевропейцами, ушедшими на юг, в Грецию. Богатая оловом Чехия ознаменовала начало бронзового века своей Улетецкой культурой (1600–1400 гг. до н. э). Венгрия ее обогнала, создав блестящий стиль, с которым вскоре стал соперничать северный, скандинавский стиль.

На территории юга России центрами производства сделались как раз те самые местности в нынешней Украине, куда пришли носители эгейской культуры.

Важнейшим элементом производства металла было топливо, в частности, древесный уголь. Массовая дефорестация восточного Средиземноморья началась к 1200 году до н. э., по-видимому, сначала в сухих районах. Во всяком случае, уже законы Хаммурапи (1750 лет до н. э) налагали высокий штраф за вырубку лесов. По реконструкции современных археологов, производство рудниками Лавриона в Аттике трех с половиной тысяч тонн серебра и 1.4 миллиона тонн свинца на протяжении 300 лет сопровождалось уничтожением 2.5 мил-

лиона акров леса. Разработка рудников Лавриона была приостановлена не из-за исчерпания запасов руды и не потому, что выработка опустилась ниже уровня подземных вод, а из-за того, что стоимость «горючего» для производствам металла – леса – делала рудники убыточными. По словам Платона, район вокруг Афин когда-то был покрыт густым лесом. Ныне же это – кожа и кости прежней Аттики. Именно металлургия привела и к полному уничтожению растительности Кипра, также некогда покрытого густыми лесами. По свидетельству Эратосфена, до начала интенсивной разработки меди леса на Кипре были так густы, что их вырубка поощрялась. Остров Эльба, (бывшая *Aethalia*, или Дымный остров) был центром металлургического производства. Но исчезновение лесов вынудило римлян в первом веке до нашей эры перенести производство железа с Эльбы на Аппенинский полуостров.

Как и во многих других горнорудных провинциях, добыча начиналась с разработки россыпей (россыпи и в наши дни поставляют 80 % мировой добычи олова). Лишь позже, по мере выработки россыпей, в средние века перешли к отработке индивидуальных жил, пронизывающих граниты и вмещающие их породы. Жилы относятся к типу высокотемпературных слюдисто-кварцевых образований, так называемых грейзенов, сформировавшихся за счет отложения минералов перегретых газов, связанных с гранитной магмой. Отработка россыпей и отдельных жил не требовала строительства больших рудников, но общее их число было очень велико и одно время достигало 2000. Каждое отдельно взятое месторождение Корнуолла невелико по размерам, и правильнее говорить о наличии здесь провинции оловорудных месторождений. Однако запасы олова в провинции были исключительно велики и обеспечили району мировое лидерство в его добыче вплоть до конца XIX века. Еще в 1870 году Корнуолл считался крупнейшим мировым производителем олова.

История оловянных месторождений Корнуолла от бронзового века до наших дней являет собой замечательный пример взаимного влияния геологических факторов, общественной обстановки в стране и состояния мирового рынка этого сырья. Начало средневековья знаменовалось истощением россыпей олова. Приходилось переходить к разработке жильных рудных тел, поначалу тех, что прямо выходили на дневную поверхность. К этому времени горная промышленность Корнуолла давала значительный доход, и в ней было занято большое количество народа. Поэтому, когда король Джон (в русской исторической традиции – Иоанн Безземельный) в эпоху борьбы с баронами, требовавшими подписания Хартии вольностей, старался заручиться поддержкой горняков Корнуолла, те выставили требования о предоставлении им специальных привилегий. Среди этих требований было право на разработку участков, не прилегающих непосредственно к руднику, а также освобождение от налогов и военной службы. Отныне горняки подчинялись специальному «Оловянному парламенту» (Stannery Parliament).

Добыча олова на рудниках Корнуолла стала одной из важнейших отраслей горнорудной промышленности Британии. Оловянная посуда была обычна во всей стране. Неудивительно поэтому, что когда с увеличением глубины разработок резко возрос водоприток, борьба с ним стала одной из важнейших в стране. Поэтому естественным стало, что именно для насосов, используемых для борьбы с водопритоком, впервые были применены насосы, работающие от паровых двигателей. На относительно глубоких горизонтах возросла роль меди в руде и ее добыча стала важным элементом разработки месторождения. Это было началом Великой индустриальной революции конца XVIII века. Я отметил эту связь в своей книге о влиянии минеральных месторождений на историю человечества *(Эрлих, 2006)*.

При переходе к разработке более глубоких горизонтов рудных тел горняки столкнулись с тем, что руды содержат значительное количество меди. В результате в XVIII веке, во времена промышленной революции, именно медь стала составлять самую ценную часть руд Корнуолла. Корнуолльские рудники стали основным поставщиком меди в Англии. Запасы были велики, цены высоки и относительно стабильны. В период наиболее интенсивной

добычи на рудниках работало 30 % мужской рабочей силы страны. Для перевозки руды была проложена специальная железная дорога (железнодорожная линия Хэйл, позднее переименованная в Западно-Корнуолльскую линию). Значительная часть руды стала перевозиться для переработки в Уэльс, в район угольных месторождений. Но открытие в середине XIX века огромных месторождений меди в других районах мира привело к резкому падению цен. Параллельно истощились богатые медью горизонты Корнуолльских рудных тел. Добыча снова сконцентрировалась на олове, которым оказались богаты глубокие горизонты некоторых рудных тел. Переход к разработке глубоких горизонтов резко удорожил добычу. Тем не менее, потребность в олове была исключительно высока и, как уже говорилось выше, в 1870–1872 годах рудники района вновь поставляли значительную часть олова мира. Чтобы обеспечить добычу руды, пришлось создавать крупные установки для откачки воды из рудников. Окончательный удар по английским рудникам нанесли открытия оловорудных месторождений в Боливии и на полуострове Малакка. Между 1871 и 1881 годами треть горняков Корнуолла эмигрировала, в основном в Соединенные Штаты. Здесь они составили самую квалифицированную часть тех, кто разрабатывал свинцовые, серебряные и молибденовые рудники Скалистых гор. Характерна близость этих дат – закрытие в начале 1870-х оловянных рудников Корнуолла и начало разработки свинцово-серебряных месторождений Ледвилла в Колорадо в 1874. Только повысившийся спрос на олово, связанный с началом Первой мировой войны, замедлил окончательный упадок горной промышленности Корнуолла. За периодом Великой депрессии последовал новый бум, вызванный началом Второй мировой войны.

После войны снова установились высокие цены на олово. Но зенит Корнуолла остался в XIX веке. Перенеся взлеты и падения в течение XX столетия, к концу его Корнуолл уже не выдерживал соперничества новых богатых месторождений. Лишь некоторые его рудники были в течение короткого времени рентабельны.

Ухудшение горно-геологических условий с увеличением глубины разработки вело к повышению конечной стоимости продукции, мало компенсировавшемуся применением более эффективной технологии. Последним ударом послужил мировой кризис 1986 года в оловодобывающей промышленности.

6 марта 1998 года последние насосы на крупнейшем руднике Саут Крофти были остановлены. Это был последний рудник в районе, снабжавшем оловом весь мир на протяжении почти 4000 лет, и последний оловянный рудник в Европе. Работа на Корнуолльских месторождениях завершилась, но это вовсе не означает конца их истории. Существует проект признать Корнуолльские месторождения памятником исторического наследия человечества (World Heritage Site) подобно Венеции или Стоунхеджу. И это будет достойным памятником месторождениям, давшим начало Бронзовому веку в Европе.

Литература

История меди и бронзы.

Милюков П. Н., 1995, Очерки по истории русской культуры, т. 1. Москва, Издательская группа Прогресс, Культура. Издательство газеты «Труд».

Франс А., 1958, «Сады Эпикура», Собрание сочинений, в 8 томах. Художественная литература, Москва, том 3.

Эрлих Э., 2005, Олово Корнуолла и бронзовый век Европы.

Эрлих Э. 2006, Месторождения и история. СПб, Издательство политехнического университета, 176 стр.

Глава 1.5. Железо – месторождения небесного металла

В журнальном варианте этот очерк назывался «Железо – металл индустриального века», чем подчеркивалась роль его в развитии индустрии. Обычно небесными (или «крылатыми») называют те металлы, что идут в авиапромышленность, т. е «по области применения». А первым, истинно небесным металлом, было именно железо, добываемое из железных метеоритов. Метеориты во всех смыслах выступали в роли месторождений. Их надо найти, «разработать», то есть извлечь из них металл и, наконец, изготовить из металла изделия.

Учитывая громадность объекта и связанных с ним проблем, я откровенно боялся за него браться. Поэтому-то железорудные месторождения и их роль в истории человечества были опущены в моей брошюре «Месторождения и история». К написанию этого очерка меня подтолкнул мой школьный товарищ, ныне израильский журналист, Миша Хейфец. Ну, а раз окунувшись в тему, мне оставалось лишь следовать материалу.

Этимология названия «железо» повсеместно носит явственные указания на метеоритное происхождение металла. В древнем Египте оно называлось би-ни-пет (коптское бенипе), что в буквальном переводе означает небесная руда. В эпоху первых династий Ур в Месопотамии железо называли ан-бар (небесное железо). В папирусе Эберса (ранее 1500 лет до н. э.) оно называется «артпет» (металл небесного изготовления). Древнегреческое название, также как и северокавказское зидо, связано с уцелевшем в латинском языке слове *sidereus* (звездный от *Sido* – звезда). В древнем и современном армянском языке железо называется еркат, что означает капнувшее (упавшее) с неба. Немецкий филолог Фик сопоставляет славянское «железо» с санскритским *ghalagha* (расплавленный металл) Другой этимологический ряд связывает слово железо со свойствами металла, производя корень «лез» или «рез» от слова лезо (лезвие). Химическое название элемента Ferrum связано со словом *ferreus* (нечувствительный, непреклонный, крепкий, твердый.

В Средиземноморье Железный Век пришел от хеттов (малоизвестного «народа мастеров», которые первые освоили производство железа). Производство железа стоило дорого, дороже чем золото. Поэтому оно было недоступно для массового производства. Оно было материалом, из которого изготовляли культовые предметы, дорогие подарки. Железные изделия найдены в захоронениях IV–V тысячелетий до н. э. В Дели стоит колонна, изготовленная в IV–V веке до н. э. из железа. Это так называемая Кутубская колонна или колонна Махарсули была поставлена в эпоху царя Чандрагупты (381–414 годы н. э.). Высота ее 7.3 метра, ширина у основания 42 см, вверху – 30 см. Вес колонны более 6.5 тонны. На колонне нет никаких признаков сварочных швов. За более 1500 лет существования металл ее не несет никаких следов ржавчины. Хеттский царь выслал Рамзесу Второму в подарок корабль, груженный чистым железом, и железный меч. В гробнице Тутанхамона (XIV век до н. э.) найден железный кинжал. Гомер в 23-й песне Илиады упоминает о том, что Ахилл подарил железный диск дискоболу, победившему на соревнованиях, на поминках его друга Патрокла. Состав железа всех древних изделий аналогичен или очень близок к составу метеоритного железа – в нем велика примесь никеля. Использование железа началось задолго до наступления «века железа». Век железа мог наступить только несколько сот лет спустя, после того, как были освоены методы получения металла из вполне земных источников. Но много позже начала «века железа» воспоминания об особых качествах изделий из небесного железа и вера в особые магические его свойства привело к тому, что Джехангир (четвертый император из династии Великих Моголов) приказал изготовить нож, меч и два кинжала из железа метеорита, упавшего 10 апреля 1621 года. Сегодня «небесное» происхождение железа, из которого изготовлены наиболее ранние железные изделия, почти

общепризнано. О нем можно прочесть даже в наиболее общих обзорах сведений об этом металле.

Ни одно описание роли минерального сырья в истории не может считаться полным, если не будет включать обзора истории железорудных месторождений.

Железо – воплощение индустрии. Его использование характеризуется массовым спросом. Характерная для железа необходимость массового производства продукции обусловила тесную зависимость открытия и особенно освоения месторождений от создания необходимой инфраструктуры, в частности, сети дорог обеспечивающих возможность строительства и вывоза готовой продукции к потребителю. Так что важнейшим элементом их истории является создание крупных индустриальных компаний, способных обеспечить стабильность собственности, финансирования, сбыта продукции, и, желательно, полный цикл металлургического производства от добычи руды до выплавки и первичной обработки металла.

Железо один из самых распространенных элементов на Земле. Металл, который мы называем железом, даже в простейшем случае представляет собой сплав железа как химического элемента с углеродом. И свойства металла резко меняются в зависимости от соотношения этих двух элементов. При концентрации углерода менее 0.3 % получается пластичный тугоплавкий металл, за которым и закрепляется название его основного ингредиента – железа. При концентрации углерода более 2.14 % получается чугун. Металл хрупкий, легкоплавкий, удобный для литья, но не поддающийся обработке ковкой. При концентрации углерода более 0.3 %, но менее 2.14 % получается сталь, которая в отличие от железа и чугуна поддается закалке, в ходе которой приобретает большую твердость.

Потребность в железе теснейшим образом связана с развитием и освоением технологии его производства и методов обработки. Железные орудия резко увеличили производительность труда. С применением железных топоров рубка деревьев ускорялась в 3 раза по сравнению с медными топорами и в 10 раз по сравнению с топорами каменными.

И, конечно же, железо давало огромные преимущества при использовании в производстве вооружений. Недаром в первую очередь железо использовали имперские державы древности – Ассирия и Рим. Так что игра стоила свеч, создание технологии выплавки и обработки железа сулило огромные преимущества. Так начался Век Железа, длящийся уже несколько тысячелетий. В ходе его железо последовательно становилось металлом мечей, панцирей и колесниц, металлом рельсов и стальных кораблей, и, наконец, металлом космических ракет и шаттлов, но это по-прежнему был Век Железа. В ходе этого процесса, естественно, менялись требования к металлу, технология его производства. В соответствии с изменением технологии менялись и требования к месторождениям железных руд. Век Железа пришел в разные районы по-разному и в разное время. Широкое применение железа в промышленности стало возможным только после разработки промышленных (или ремесленных) методов его обработки, обеспечивающих получение нужных свойств металла. История железорудных месторождений может быть понята только с учетом одновременного влияния всех этих факторов.

Месторождение, посланное небом

По иронии истории Железный век впервые пришел к самым примитивным племенам. Самое поразительное месторождение метеоритного железа, разрабатывавшегося в течение 10.000 лет, было обнаружено в Гренландии. В 1818 году английская экспедиция Джона Росса встретила в Гренландии в районе мыса Йорк иннуитов, пользующихся железными орудиями. При этом во всем регионе какие-либо признаки железного оруденения отсутствовали. Источник железа для изготовления орудий оставался неясен вплоть до 1894 года, когда американская экспедиция Роберта Пири обнаружила три огромных железных метеорита (Тент, весом 31 тонна, Женщина, весом 3 тонны, и Собака, весом 0.4 тонны). Иннуиты тщательно

скрывали местонахождение источников железа и только благодаря хорошим отношениям с местным населением и богатым подаркам, в частности ружьями, Роберт Пири смог уговорить одного из них проводить его на остров Савиксоах, где они находились.

Рис. 1.5.1. Остаток метеоритного месторождения Анигхито в Бруклинском музее естественной истории.

Транспортировка метеоритов заняла три года. Для нее Пири соорудил первую и единственную в Гренландии железную дорогу. В итоге метеориты были доставлены в порт Бруклин штата Нью-Йорк, и Пири продал их за 40 000 долларов Нью-Йоркскому музею естественной истории, где они хранятся по сей день. Позднее была сделана еще серия находок. В 1913 году был найден еще один обломок весом 3.4 тонны, названный Савик I. Летом 1955 года один геолог нашел обломок весом 48 кг, названный им Туле. В 1961 году был найден обломок весом 7.8 кг, названный Савик II. В 1963 году датским ученым Вангом Бухвальдом был обнаружен двадцатитонный обломок, названный Агпалилик (Человек), ныне хранящийся в геологическом музее Университета Копенгагена (Дания). И, наконец, в 1984 году охотники на полуострове Джеремайа обнаружили обломок весом 250 кг, названный Тунорпут. Общий вес всех найденных в Гренландии обломков составляет 58.2 тонны. Это – остаточные после 10 000 лет эксплуатации запасы этого совершенно уникального месторождения. Состав всех найденных обломков характерен для железных метеоритов. Помимо железа они сдержат значительное количество никеля (7.58 %), примеси галлия (19.2 ппм), германия (36.0 ппм), иридия (6.0 ппм). Сравнение состава обломков привело Бухвальда к выводу о том, что обломки, найденные у мыса Йорк, идентичны обломкам, найденным у древнего поселения на полуострове Кнуд в Канаде. Обломок весом 1.6 кг, названный Акпоньон, был, по всей видимости, привезен сюда за 600 км.

Метеоритный дождь произошел 10 000 лет назад, с тех пор иннуиты в течение тысячелетий широко пользовались метеоритным железом для изготовления ножей, наконечников стрел и гарпунов. Они приходили к этому месторождению за десятки и сотни километров. Вместе с этим метеоритным дождем Век Железа начался для арктических племен намного раньше, чем для остального человечества. Можно с уверенностью сказать, что орудия, сделанные из упавшего с неба железа, помогли иннуитским племенам выжить в суровых условиях Арктики. Человеческая культура едина и сохранение каждого её элемента имеет непреходящее значение для всего человечества.

Болотное железо. Начало железной индустрии

Главным источником железа в Северной Европе являлись так называемые болотные железные руды, сформировавшиеся в болотах на постледниковых равнинах. Здесь, в ходе так называемой субатлантической фазы оледенения, создались условия, благоприятные для

осаждения большого количества окислов и гидроокислов железа. Руды были представлены гетитом и лимонитом. Они были расположены прямо на поверхности, и можно было просто собирать их или, учитывая их пористую текстуру, добывать их просто лопатой. Особенности состава, в частности гидратированность железа, давали возможность получать первичный субпродукт губчатое (или кричное) железо. Прямо на месте, в ямах, в ходе разработки, оно прогревалось, перемешанное с древесным углем и позднее ковкой перерабатывалось в чугун.

Остатки рудников, добывавших болотную руду, найдены в Южной Англии в районе Уинд и в области Форест-оф-Дин, в Юрском хребте во Франции и Рейнском бассейне Германии. В Швеции до XVIII века включительно крестьяне выплачивали часть феодальной повинности кричным железом, которое они сами изготовляли.

В России болотные руды вплоть до XVI века были главным источником железа, в частности, для крупнейшего центра металлической промышленности в районе Тулы к югу от Москвы.

Секреты изготовления булата

Если классическая Греция может считаться высшим воплощением бронзового века, то воплощением века железного, безусловно, является Древний Рим. Но прежде, чем римляне стали изготовлять из железа свои доспехи, и знаменитые короткие римские мечи, произошло одно очень важное событие. Армия Александра Македонского вошла в Индию и столкнулась с армией царя Пора. Великий хорезмиец Аль-Бируни (973 – 1048) писал: «Никогда не было народа, который лучше разбирался бы в отдельных видах мечей, чем жители Индии. Будучи твердыми и прочными, они одновременно обладали большой упругостью и вязкостью. Клинки легко перерубали железные гвозди и в то же время свободно изгибались на 900 – 1200. На панцире царя македонские мечи не оставляли ни вмятин, ни царапин. По свидетельству историков, древнее европейское железное оружие было настолько мягким, что после двух-трех ударов уже гнулось и приходилось отходить, чтобы выправить клинок». Европейские мечи делались из недостаточно упругих и мягких низкоуглеродистых типов стали. Естественно, индийское оружие казалось европейцам чудом. Первым процессом обработки железа было его прокаливание, закалка.

Первоисточник технологии изготовления булата остается неизвестным – с одной стороны говорится, что секрет его изготовления был занесен в Пенджаб кузнецами племен, пришедшими с Гималаев, с другой о том, что он был завезен с Цейлона. Так или иначе, технология приготовления булата была завезена в Сирию, где он стал известен как дамасская сталь. Слитки литого булата в виде разрубленных лепешек вывозились в Дамаск. Но индийская сталь стоила очень дорого, и сирийские мастера изобрели сварной булат, создав первый в истории композиционный материал, состоящий из частиц твердой углеродистой стали в матрице из мягкой низкоуглеродистой стали. Славу этих клинков крестоносцы разнесли по всей Европе. Отсюда секрет булата был завезен в Андалузию и был использован готскими мастерами для изготовления клинков, получивших название толедских. Та же технология использовалась при изготовлении самурайских мечей. В середине XIX века секрет изготовления булата был заново открыт русским металлургом Павлом Аносовым *(Белоус)*.

Освоение производства булата открыло путь для широкого применения железного оружия. Оно стало основой вооружения римской армии и без преувеличения дало возможность Риму покорить тогдашний мир.

Месторождения, несколько раз решившие судьбы Европы

Речь идет о железорудных месторождениях северо-западной Испании в Кантабрийских горах близ Бильбао. Испания играла роль сырьевого придатка Рима. Здесь налицо были все составляющие для интенсивного развития горнорудной промышленности – богатые месторождения, легко разрабатывавшиеся открытым способом, даровая рабочая сила – рабы, и, кроме того, они были удобно расположены на берегу реки Нервион, в 6 милях от берега океана. Это обеспечивало легкость транспортировки руды.

Именно эти месторождения были основным поставщиком железной руды, из которой делались короткие римские мечи и панцири римских воинов – основное вооружение римских легионов, обеспечивших все римские завоевания.

Еще Плиний Старший в своей Естественной Истории писал о том, что горы в Кантабрии целиком сложены железом. Образ целиком сложенных железом гор просто выражал обилие руд. Именно эти месторождения и послужили основным источником железа для вооружения римской армии. Из железа этих месторождений делались короткие римские мечи и панцири римских воинов – основное вооружение римских легионов, обеспечивших все римские завоевания. Но это было лишь началом поразительной истории этих месторождений. Когда арабы захватили почти всю Испанию, эти месторождения остались на крошечном плацдарме, оставшемся в руках христиан. Руда из района Бильбао использовалась толедскими мастерами для производства булата, секрет изготовления которого они заимствовали у своих противников-арабов («кто с мечом придет, тот от меча и погибнет»). Европа была спасена от арабского завоевания сталью из железа месторождений Калабрии. Из него же были выкованы мечи реконкисты.

Начиная с XVI века, железные руды Бильбао постоянно вывозятся в Англию. В елизаветинские времена использование металла, произведенного из руды Бильбао, становится столь обычным, что искаженное название города – Бильбо употребляется Шекспиром в «Гамлете» и «Виндзорских проказницах» для обозначения железных кирас *(Железо)*. Позднее испанская руда стала основой английской черной металлургии, созданной в центре угольных месторождений Уэльса и Англии.

Спрос на эту руду особенно вырос, в связи с применением бессемеровского способа производства стали. Только теперь, после многих веков истории разработок, месторождения стали впервые разрабатываться в больших масштабах. За 1899 год вывоз руды в Англию составлял почти 4 млн. тонн, в Германию – 0.5 млн. тонн и около 75 000 тонн руды было вывезено в Соединенные Штаты. Разработка в этот период велась на не менее чем 204 рудниках. Месторождения отрабатывались карьерами, реже короткими горизонтальными выработками *(Adams, 1902)*.

Падение, разрушение и разграбление Римской империи привело к тому, что основные технические достижения античного времени были утрачены. Их нужно было непросто восстанавливать, но как правило изобретать заново. Это в первую очередь касалось изготовления железных орудий.

Большая часть железа шла на производство оружия. Из него делались знаменитые каролингские (франкские) мечи. Сам факт обладания железным оружием считался знаком огромного военного преимущества (почти непобедимости). Сен-галленский монах-летописец рассказывает о том, как лангобардский король Дезидерий, увидев в 773 году со стен осажденной Павии ощетинившуюся железом армию Карла Великого, вскричал в изумлении «О, железо! Увы, железо!».

Даже в XII веке францисканец Варфоломей Английский говорит в своей энциклопедии «De propritabus rebus» о железе как о драгоценном предмете. Со многих точек зрения

железо более полезно, чем золото, хотя скаредные души алкают золота больше чем железа. Без железа народ не смог бы защищаться от своих недругов или поддерживать господство общего права; благодаря железу обеспечивается защита невинных и карается наглость злых. Точно так же и всякий ручной труд требует применения железа, без которого нельзя ни обработать землю ни построить дом.

Недаром обработчики железа – кузнецы приравнивались по значимости к колдунам, обладающим священным знанием.

Железные орудия в основном использовались для обработки дерева, но постепенно стали считаться главным материалом для изготовления пахотных орудий. В написанной в середине IX века хронике первых нормандских герцогов Дудон Сен-Кантенский говорит, что эти князья дорожили плугами с железным лемехом и установили примерные наказания за кражу этих орудий.

Переход на ископаемые угли

Знаменитое железорудное месторождение Кируна является важнейшей частью группы железорудных месторождений (Кирунаваара, Луосавара, Туоллувара), расположенных на севере Швеции. Расположенная в стране лаппи (саами), Кируна (в переводе – гора куропаток) никому не была нужна до тех пор, пока в середине XIX века не началась массовая индустриализация Европы.

Первые разработки железных руд в районе Кирунавары относятся ко времени отступления ледников около 6000 лет назад. Здесь бок о бок существовали племена саами и финнов. Первые шведы пришли с юго-востока из района Масугнсбин, где в 1647 году были основаны первые железорудные рудники. Поселения первых горняков датируются началом XVII столетия, когда отмечается начало разработок руды Кируны *(Frietsch, 1978)*. В 17 километрах от Кируны в долине реки Томе сохранилась церковь, строительство которой было закончено в 1607 году. В 2007 году приход Яккусярви отметил свое 400-летие.

Тогда один за другим во всех промышленных странах Европы возникли крупные металлургические комбинаты. Возникновению и росту этих комбинатов предшествовал переход черной металлургии с древесного угля на каменный уголь и начало массового применения доменного процесса выплавки железа. Все они строились в центрах угольных бассейнов и должны были работать на привозной железной руде. Огнедышащие драконы этих комбинатов надо было кормить. Вот тогда-то взоры и обратились к этому забытому богом району северной Швеции. Однако его освоение целиком зависело от создания инфраструктуры.

Освоение Кируны стало возможным именно в это время благодаря разработанному новому – томасовскому методу получения железа из руд с высоким содержанием фосфора. Кроме того, именно в это время одновременно в Англии, Германии и России разрабатываются новые методы выплавки стали, обеспечивающие ее высокую устойчивость к термальным нагрузкам. Так появляются названия – сталь Круппа, шеффилдская сталь и – Обуховская сталь.

Собственно, никто в Швеции толком значимости Кируны не понимал. Так что когда верхняя палата шведского риксдага принимала решение, которое, как сейчас общепринято считать, явилось решающим моментом шведской истории, о строительстве железнодорожной линии Офотен (иначе называемой рудной линией) от Лулео на юге через Галливааре и Кируну к норвежскому порту Нарвик на севере, то решение о строительстве вызывало насмешки в верхней палате парламента – стоит ли тратить огромные деньги, строя дорогу и мосты только чтобы обеспечить доставку нескольких грузов масла и куропаток? Действительно, руда Кируны была нужнее Англии, чем Швеции. Черная металлургия Англии зады-

халась без руды. Поэтому правительство Великобритании послало 4000 английских военных моряков, чтобы проложить дорогу от Лулео до Кируны и обеспечить транспортировку руды к морю. Первый поезд, ведомый машинистом-англичанином, прибыл в Лулео 12 марта 1888 года. Но, конечно же, именно шведский король Оскар II открыл железнодорожную линию в 1903 году. Ранее, в 1900 году он же официально утвердил план города Кируна. Уже к 1910 году население Кируны составляло 7500 человек, а к 1971 году оно достигло 31 000 человек. После открытия железнодорожной линии поставки кирунской руды были почти целиком переориентированы на Германию. Руда Кируны стала неотъемлемой частью стали Круппа.

Все вооружение германской армии, как в Первую, так и во Вторую мировые войны, стало возможным только благодаря этой руде. Для того, чтобы гарантировать эти поставки, Германия оккупировала Норвегию и Швеция сохранила свой нейтралитет во Вторую мировую войну.

Сегодня годовой объем продукции Кируны составляет 18 миллионов тонн и рудник считается крупнейшим подземным рудником мира.

Рудное тело Кируны достигает 4 км в длину и прослежено выработками на глубину 1.5 км. Руды содержат 67 % железа. Количество фосфора и серы крайне невелико. Рудное тело сложено преимущественно магнетитом с небольшим количеством гематита. До 30 % составляет апатит (флюоапатит). В акцессорных количествах присутствуют актинолит, кварц, кальцит, хлорит. Месторождение сформировалось 1.8–1.9 миллиардов лет назад как часть кольцевого комплекса кварцевых порфиров, кератофиров и кварцевых кератофиров, прорывающего архейские гнейсы и протерозойские зеленокаменные толщи. Имеются две гипотезы образования руд: магматогенная, за счет кристаллизации рудного магнетитового расплава и эксгаляционная, в ходе кристаллизации из высокотемпературных магматических газов. В целом магнетитовая минерализация типа Кируны вписывается в модель магнетит-апатит-редкоземельных месторождений (Fe-P-Nb-REE), ассоциирующихся с ультраосновными-щелочными массивами, в частности на стадии формирования камафоритов (или фоскоритов, в зависимости от выбранной терминологии), предшествующей образования собственно карбонатитов. Крупнейшим месторождением этого типа является Баян Обо во Внутренней Монголии, главный поставщик железной руды для индустриализации Китая, Ковдорское месторождение (Кольский полуостров), Магнет Ков, (Арканзас, США) и относительно небольшое магнетитовое месторождение Онгкучах, располагающееся во внешней зоне крупнейшего карбонатитового массива мира Томтор (северо-западная Якутия).

Образование мономинеральных апатит и магнетитовых руд, по всей видимости, является результатом ликвации магмы нельсонитового (магнетит-апатитового) состава, в результате которой обособились два самостоятельных расплава, отвечающих магнетитам и апатитам *(Frietsch, 1978)*.

Два человека, создавшие металлургию юга России

С переводом своей металлургии с древесного угля на каменный Россия опоздала примерно на 100 лет. Уральский металл вполне обеспечивал нужды главного потребителя железа – армию. Леса на среднем Урале пока хватало, а каменного угля нужного качества там наоборот не было. Так что нужды в переходе на новую технологию особой не было.

Положение изменилось, когда сюда в 1869 году приехал английский металлург и финансист Джон Джеймс Хьюз. Приехав в Донбасс, он купил у князя Кочубея концессию на строительство рельсопрокатного завода. Он привез с собой 70 квалифицированных рабочих. Им платили невиданные по тем временам деньги, 80 рублей в месяц. Но после первой же суровой зимы из этих 70 человек осталось лишь трое. Из местного населения нанимают

только чернорабочих, каменщиков и плотников. Все управленческие и высококвалифицированные работы выполняются исключительно британцами. Необходимое оборудование было завезено на 8-ми кораблях в ближайший порт – Таганрог, откуда транспортировалось за 60 миль к месту строительства на волах.

Из-за большого веса печного оборудования колеса запряженных волами возов во время сезона дождей увязали в грязных дорогах.

Родившийся в 1814 году в Южном Уэльсе Хьюз в 1860 году стал членом правления директоров Милвиллской инженерной компании. Он изобрел установку для первых броненосцев, обратившую на себя внимание представителей российского Адмиралтейства. Это создало ему высокую репутацию в русских правительственных кругах. Воспользовавшись установленными связями, Хьюз завязал контакты с Россией.

Рис. 1.5.2. Джон Хьюз, создатель Донбасса и черной металлургии юга России.

Хьюз приехал в Россию с четырьмя сыновьями, построил в имении помещицы Смольяниновой кузницу и начал планировать строительство металлургического завода. Он быстро ассимилировался на новом месте, завел новую семью. Само имя его было русифицировано. Теперь он назывался Юз, Иван Иванович Юз. И поселок его имени, который в английской транскрипции по сей день пишется как Хьюзовка, стал называться Юзовкой. Впрочем, и название Юзовка продержалось лишь до 1923 года. В течение нескольких месяцев он именовался Троцк, а в 1924 году получил имя Сталино. В каждой национальной республике СССР, как выражение преданности Вождю, должен был появиться город его имени с национальным окончанием (к примеру, по-русски – Сталинград, по-таджикски Сталинабад, по-армянски Сталинакан). Так возникло украинское имя Сталино, продержавшееся до 1961 года, когда город стал называться Донецком. По впечатлениям очевидцев Хьюз в быту и стиле управления предприятием сочетал черты средневекового английского барона и российского землевладельца и заводчика. Летом 1869 года Хьюз начинает активно скупать земли в Екатеринославской губернии, в том числе в верховьях реки Кальмиус. В том же году начинается строительство металлургического завода и поселка, позднее названного Юзовкой.

Хьюз заключил с русским правительством договор о создании Новороссийского общества каменноугольного, стального и рельсового производства – для развития горной и металлургической промышленности, а также строительства железнодорожной ветки.

Русское правительство безвозмездно уступило новой компании казенные земли с богатыми залежами каменного угля поблизости от Харьковско-Азовской линии железной дороги и дает ссуду в 500 000 рублей, чтобы соединить завод с общей сетью железных дорог. «Хьюзу

предоставляется право беспошлинного ввоза оборудования из-за границы и выплата премий за изготовленные рельсы в течение 10 лет на общую сумму в 1.5 миллиона рублей».

Современник событий горный инженер Фолкнер в книге «Каменный уголь и железо России» писал: После столь щедрых льгот, дарованных Юзу, едва ли кто-либо решится на юге России затратить капитал на железное дело, ибо будет находиться в невыгодном положении сравнительно с великобританским счастливцем».

За очень короткое время он создал Компанию с капиталом 300 000 фунтов стерлингов и в конце 1869 года совершил решительный поворот в развитии Донецкого каменноугольного бассейна. Предприимчивость и энергичность, коммерческая подготовка дали возможность Хьюзу с успехом совершить то, перед чем останавливались и усилия правительства и попытки частных предпринимателей – основать одно из крупнейших в мире металлургических предприятий *(Фритгуд, 1994)*.

Успех Хьюза в контактах с российским правительством понятен – он привез в Россию новейшую технологию металлургии железа. Высококачественный уголь, лежащий буквально прямо под ногами, богатая железная руда, доставлявшаяся за 25–40 км по железной дороге, дешевая рабочая сила и хозяйский подход к делу позволяют юзовскому заводу уже в 1876 году выйти на первое место в России по производству металла. Теперь в Донбассе возникла ситуация, характерная для главных тогдашних центров черной металлургии Европы – металлургические заводы в центре угольного бассейна, работающие на привозной руде.

Выгоды, полученные компанией Хьюза, очевидны. Нельзя, однако, не отметить, что с российской точки зрения, вряд ли можно представить человека, более подходящего для этого проекта.

Первая домна металлургического завода Юза дала металл в 1873 году. Производительность завода составляла 150 тонн металла в неделю, и ежедневно прокатывались 8 тонн железных рельсов.

24 апреля запускается первая домна с проектной мощностью до 2 миллионов пудов чугуна в год. Но через три дня на домне произошла авария, и потребовалось 9 месяцев, чтобы ее исправить. Но Хьюз не опускал руки. Он прекрасно понимал все преимущества использования в металлургическом производстве минерального топлива перед древесным углем. Он впервые в России запускает 8 коксовых батарей. Вторым его достижением стало применение опять же впервые в России горячего дутья. 1 января 1873 года вступили в строй пудинговые печи для переделки чугуна, и в сентябре того же года завод стал работать по полному металлургическому циклу, начиная с выплавки чугуна и кончая прокатом рельс. Полученную прибыль Хьюз вкладывал в расширение производства. В итоге с 1885 по 1890 год увеличил выплавку чугуна в 2.7 раза, преодолев рубеж в 5 миллионов пудов. К этому времени на шахтах и заводах Хьюза работало более 6 тысяч человек.

Юзовка – центр металлургической промышленности Донбасса представляла собой типичный российский губернский город с массивными одно- и двухэтажными домами, отличием ее было присутствие прямо в городе домен и шахтных подъемников.

Рис. 1.5.3. Юзовка – столица Донбасса и центр черной металлургии Юга России. Домны и шахтные копры в центре города.

Положение черной металлургии на юге России в корне переменилось, когда рядом с Донбассом в Приднепровье помещик и археолог-любитель А. Поль (1832–1890) нашел выходы богатой железной руды, оказавшиеся частью огромного криворожского железорудного бассейна *(Платонов, 2002)*.

Рис. 1.5.4. Первооткрыватель Кривбасса А. Н. Поль

В поисках археологически-интересных мест он в 1866 году в сосновой балке на берегу реки Саксагань обнаружил выходы железной руды. Чтобы оценить ее качество, он едет в Саксонию в знаменитую Фрейбергскую Горную Академию и приглашает профессора минералогии Штрипельмана посетить район находок и обследовать его. Результатом этой экспедиции явилась книга – «Геология и геогностическое описание Криворожских рудных месторождений», изданная в Лейпциге и позднее переведенная на русский язык самим А. Полем.

Непреходящей заслугой А. Поля является то, что на основе отрывочных данных он правильно оценил масштабы оруденения и его потенциальную значимость. Именно это и определило дальнейшую судьбу криворожского железорудного бассейна. Можно только пора-

жаться смелости, верности и дальновидности этой оценки, сделанной на основе анализа единичных образцов и при отсутствии данных о региональной геологической обстановке.

Теперь необходимо было достать деньги и создать подходящую инфраструктуру. Решающим вопросом развития инфраструктуры являлась постройка железной дороги, соединяющей Донбасс и район криворожских месторождений. 22 апреля 1875 года проект дороги был утвержден. Более того, А Полю удалось добиться того, чтобы дорога шла не через Александровск (нынешнее Запорожье), а через Екатеринослав. Но все планы были заморожены в связи с началом Турецкой войны. И лишь в 1881 году удалось получить окончательное утверждение проекта. Дорога окупила себя в кратчайший срок. Район оказался в уникально-выгодном положении. Во всех районах черной металлургии Европы металлургические заводы работали на местном угле и привозной железной руде здесь источники обоих типов сырья – огромные месторождения угля и железа были практически рядом. Высококачественный уголь, лежащий буквально прямо под ногами, богатая железная руда, доставлявшаяся за 25–40 км по железной дороге, дешевая рабочая сила и хозяйский подход к делу позволяют юзовскому заводу уже в 1876 году выйти на первое место в России по производству металла. Продолжая развивать начатое дело, Поль заложил основы Брянского, Гданцевского, Каменского и других чугунолитейных, сталеплавильных, рельсопрокатных, трубопрокатных заводов Екатеринославской губернии.

Цепь дальнейших событий во многом определялась усилиями Поля по возможности сократить, если не исключить вовсе переход криворожских месторождений в собственность иностранных компаний.

26 февраля 1876 года А. Поль направил министру гос. имуществ записку о создании Криворожского горнозаводского товарищества, где писал: имущество, подобное Кривому Рогу, не должно по моему разумению сделаться достоянием иностранцев, оно слишком ценно и желательно оставить его влиянию русских людей. И далее – не следует упускать из виду рудники Кривого Рога, суть единственные на юге России по количеству, качеству и необыкновенному разнообразию руд, и им суждено сыграть первостепенную роль в развитии южнорусского горного промысла. Без них не может обойтись ни один завод юго-восточной России.

Но все попытки Поля организовать финансирование, привлекая российских инвесторов, оказались тщетными, и в итоге Поль едет в Париж, чтобы организовать финансирование разработки уникальных месторождений. Здесь его страстные выступления в защиту проекта нашли понимание у П. Талебо. С его помощью была организована закрытая акционерная компания «Железные Руды Кривого Рога» с капиталом 5 миллионов франков. В Париже все акции компании были распроданы за 24 часа. Небольшая часть акций была зарезервирована для потенциальных российских акционеров. Они так и остались невостребованными.

Таким образом, после всех разговоров о необходимости привлечения отечественного капитала российское правительство и в Донбассе и в Кривом Роге имело дело с иностранными компаниями.

Из донесения А. Поля в Париж: на руднике Саксаганский в Дубовой балке за 1881 год добыто 555 тысяч пудов руды. Руду покупает Новороссийское Общество Юза. Основной и единственный вид доставки – лошади и волы. Расстояние от Кривого Рога до завода Юза более 300 верст.

Общество Юза в те годы было единственным в южном регионе предприятием, выпускающим чугун и рельсы. Точно так же и А. Поль в Кривом Роге пытался организовать добычу руды, построить металлургические заводы, обеспечить страну лучшим металлом. Но если Хьюзу российское правительство создало льготные условия, выдало кредит, бесплатно выделило казенные земли с залежами каменного угля, то Александр Поль все делал на собственные деньги, не получив от государства ни льгот, ни кредитов, ни поддержки.

30 лет спустя все переменилось. С 1889 года компания Поля стала платить акционерам большие дивиденды – 6 %. Началась настоящая – железная горячка Это, по-видимому, был единственный случай, когда такого рода бум был связан не с открытием месторождений драгоценных металлов или алмазов. Сюда ехали тысячи людей. Участки земли скупались за бесценок, и если они оказывались богатыми рудой, то покупатели составляли огромные состояния. В надежде на заработки сюда ехали орловские, курские, черниговские, полтавские крестьяне. В числе других прибыл в 1908 году в Юзовку и будущий первый секретарь коммунистической партии СССР Н. С. Хрущев. В целом все это внешне напоминало Калифорнию времен золотой лихорадки 1849 года. Посетивший в 1899 году Кривой Рог известный московский журналист В. Гиляровский описал эту обстановку в серии очерков «Железная горячка». Разразившийся в следующем году тяжелый экономический кризис в корне изменил ситуацию. В оценке, данной в этом очерке, обращают на себя внимание несколько моментов. Во-первых, массовый приток в район иностранцев, включая новый элемент – бельгийцев. Во-вторых, практически полное отсутствие российского капитала. Инерция и глубокое непонимание потенциальной ценности минеральных ресурсов в равной мере характеризовало местных крестьян, радовавшихся тому, что у них (за бесценок!) скупают земли, мало пригодные для земледелия и потенциальных инвесторов. Несколько раз мелькающее в очерке сравнение криворожской железной горячки с калифорнийской золотой лихорадкой мало оправдано и поверхностно. Люди ехали в Калифорнию, чтобы искать и строить. А в Кривой Рог слетались преимущественно спекулянты в расчете на легкую наживу. Главная же масса – нищие крестьяне пореформенной Руси – ехала на каторжный труд в расчете получить работу.

Неудивительно, что А. Поль пользовался огромным уважением среди земляков. Его называли Степным Колумбом. Ему при жизни по решению дворянского собрания на средства французских акционеров компании поставили бронзовый памятник в центральной части города, в местном дворянском собрании установили мемориальную доску в его честь. Археологические коллекции А. Поля создали основу музея его имени.

В Кривом Роге впервые был освоен тип месторождений, с которым сегодня связана большая часть мировых запасов железа.

Криворожский железорудный бассейн, одно из крупнейших месторождений мира, расположен в узкой (2–7 км) полосе длиной около 100 км в юго-восточной части Украины. Руды связаны с докембрийскими железистыми кварцитами, образующими толщу общей мощностью около 2000 метров. Толща содержит 7–8 пластов железистых кварцитов и сланцев. Среди кварцитов различаются гематитовые, магнетитовые, гематит-магнетитовые разности. В верхних горизонтах (до глубины 100 метров) развита зона окисления и мартитизации кварцитов. Среднее содержание железа 30–45 %, в магнетитовых разновидностях 25–30 %. Внутри рудоносной толщи и на контакте ее со сланцами верхней свиты широко развиты богатые руды криворожского типа. Они образуют столбообразные, штокверкообразные линзовидные и гнездовые тела, уходящие на глубину 1000 и более метров. Свыше 50 % запасов составляют мартитовые и гематит-мартитовые руды со средним содержанием 76 % – около 1.7 млрд. тонн, магнетитовых кварцитов 11.6 млрд. тонн и немагнитных разностей кварцитов 2.6 млрд. тонн. Предполагается, что богатые руды образованы в результате выщелачивания кварца в условиях древних кор выветривания или по другой гипотезе под действием высокотемпературных метаморфизующих растворов.

Криворожский бассейн (Кривбасс) расположен на правобережье Днепра вдоль его притока р. Ингулец и его притоков рек Саксагани и Желтой и вытянут в северо-восточном направлении более чем на 100 км. В структурном отношении его положение контролируется окраиной Украинского щита и является частью докембрийской геосинклинали.

Криворожский железорудный бассейн и сейчас после многих десятилетий разработки его месторождений является вторым в Европе по запасам железных руд после района Курской магнитной аномалии. Железо на месторождениях Криворожского бассейна связано с двумя типами руд:

- метаморфогенные (железистые кварциты или железистые роговики и джеспилиты;
- руды коры выветривания, тесно ассоциирующиеся с первым типом руд.

Рис. 1.5.5. Тектоническая схема Криворожского бассейна в районе г. Кривой Рог (по Я. Белевцеву). 1 – микроклин-пдагиоклазовые граниты; 2 – отложения верхней криворожской серии; 3 – сланцевые горизонты средней свиты; 4 – железистые горизонты средней свиты; 5 – тальк-карбонатный горизонт; 6 – отложения нижней свиты; 7 – амфиболиты; 8 – плагиограниты; 9 тектонические нарушения. Складчатые и разрывные структуры: 1 – Лихмановская синклиналь; 2 – Тарнако-Лихмановская антиклиналь; 3 – Западно-Ингулецкая синклиналь; 4 – советская антиклиналь; 5 восточно-ингулецкая синклиналь; 6 – саксаганская антиклиналь; 7 – саксаганская синклиналь; 8 – Основная синклиналь; 9 – Главный криворожский разлом; 10 – саксаганский надвиг; 11 – восточный надвиг.

Рис. 1.5.6. Шахта в Криворожском железорудном бассейне

Они никогда не встречались, эти два человека, создавшие основу индустриальной мощи России. Они были разными – квалифицированный английский металлург и предприниматель Хьюз и романтик и патриот Поль, но в итоге их деятельности был создан Донбасс – основа угольной промышленности России, и обнаружен Криворожский железорудный бассейн. Эти достижения создали основу русской индустрии. В чем они уравнялись, так это в ненависти черни, всячески стремившейся стереть самую память об обоих. Ведь

никто так не ненавистен черни, как созидатели. С Юзом все было ясно. Он, естественно, был заклеймен как английский колонизатор. Новейшие борцы за национальную идею тщательно рассчитывают количество иностранцев и местных рабочих. Что там говорить, ведь иностранцы составляли всего 5–6 % населения. Не так важно, кто, собственно говоря, создал индустрию Донбасса. Правда же помимо всего прочего состоит в том, что местное население не было расположено участвовать в фабричном труде. Из 451 человека, занятого у Юза в июне 1871 года, подавляющее большинство было русскими, происходившими из Смоленской, Тульской и Курской губерний, пишет Т. Фридгут, со ссылкой на отчет комиссии Зеленцева, Летуновского и Ройлякова. Реакция иностранных рабочих описана в той же работе Т. Фритгуда. Осенью 1860 года группа из пяти сотен вестфальских горняков с семьями высадилась в степи под Новочеркасском, одетые в праздничные костюмы с развевающимися знаменами в сопровождении собственного оркестра, они начали марш в сторону Грушевки, где они намеревались начать работу на образцовых антрацитовых шахтах. Но когда они увидели землянки, в которых им предстояло жить, и полуоткрытые шахты с оборудованием, которое приводилось в движение лошадьми, они отказались работать, объявили что-то вроде классической европейской забастовки, призвали на помощь консула, после чего большинство колонизаторов убыло на родину.

А о том, как посчитались с русским патриотом Полем, рассказывается в уже упоминавшейся статье В. Платонова. Он приводит цитату из Петроградской газеты «Городское дело» за 1919 год: «В Екатеринославе голосами левых фракций принято требование большевиков снять находящуюся в думской зале мраморную доску с именем почетных граждан города, в том числе творца этого края А. Н. Поля. Позже у музея отобрали его имя. На парадных дверях Исторического музея осталась лишь монограмма М. П., что значило – Музей Поля. Именные Полевские стипендии в Высшем Горном Училище отменили, шахту Поля переименовали в шахту имени Сталина, музей Поля в музей Яворницкого, улицу Поля в улицу Фучика. И, наконец, могилу Поля на Севастопольском кладбище попросту сравняли с землей.

Сегодня местные краеведы стараются восстановить память об этих двух замечательных людях. Публикуются статьи об их жизни и деятельности. В Донецке установлен памятник Джону Хьюзу, в Кривом Роге заново установлен памятник А. Полю. Но главным памятником им являются открытые ими месторождения угля и железа, заложившие основу современной металлургии России, и тем самым во многих отношениях предопределившие ее историю XX века.

Железорудные месторождения Урала

Разработка рудных месторождений Урала началась очень давно. Уже в III тысячелетии до нашей эры здесь существовала развитая первобытная металлургия. Пришедшие сюда позже русские застали тут множество древних разработок – чудских копей. В XIII веке Плано Карпини в донесении папе Римскому говорит о рифейских (Уральских) горах, сложенных железом. Русские цари неоднократно посылали сюда экспедиции для поисков месторождений железа, соли, цветных металлов.

Но настоящее исследование Урала и его минеральных богатств началось лишь при Петре Первом. Двигателем этого исследования и строительства были нужды Петровской реформы и двадцатипятилетней Северной войны со Швецией. В 1703 году Петр издает указ о создании Приказа рудокопных дел». Позже, 10 декабря 1719 года Петр I подписал знаменитую берг-привилегию, дающую всем право – искать, копать, плавить, варить всякие металлы. Члены казенной команды рудознатцев были разосланы во все концы России, чтобы проверять многочисленные заявки. Для контроля за деятельностью промышленников Петр послал на Урал В. Н. Татищева и В. И. Геннина.

Развитие черной металлургии Урала в сознании россиян связывается с именем Демидова. Тульский кузнец и заводчик Никита Демидович Антуфьев, известный как Демидов, построил завод в Туле – вододействующий чугуноплавильный завод, который обратил на себя внимание императора Петра Первого. И нуждающийся в массовых поставках вооружения для войны со шведами император в 1703 году передал ему во владение казенный завод в Невьянске на Урале и передал ему в собственность 500 тысяч десятин земли (около 0.5 миллионов гектаров). Демидов перевез туда мастеров из Тулы, но, главное, получил 13 тысяч крепостных. К концу жизни Демидов имел уже 25 заводов, включая Верхнетагильский и Нижнетагильский. Заводы Демидова стали главными поставщиками оружия петровской армии. Так что можно сказать, что уральские месторождения выиграли Северную войну со Швецией, давшую России выход к Балтийскому морю.

Выдающийся инженер и артиллерист Георг Вильгельм де Геннин, получивший в России имя Вильгельма, составил записку» Описание уральских и сибирских заводов». Она содержала полную опись известных месторождений и заводов края. До прибытия на Урал Геннин привел в порядок железоделательные заводы Олонецкой губернии (Карелия), которые в итоге стали выпускать пушки не хуже шведских. Книгу не успели издать при Петре, а правительство Анны не было заинтересовано в утверждении перспективности уральских месторождений. В итоге она была напечатана лишь в 1937 году, более 200 лет спустя после написания, но до этого неоднократно переписывалась и читалась в рукописи и была хорошо известна металлургам и горнякам. Уникальный пример долгожительства самиздата.

Рудной базой Уральских заводов послужили месторождения горы Высокой (в районе нынешнего Нижнего Тагила) и горы Благодать в районе нынешней Кушвы (оба в центральной части Урала). К ним позже присоединилось месторождение горы Магнитной на Южном Урале.

Гора Высокая была найдена крестьянином-манси Я. Савиным в 1702 году. Савин понес найденные руды к Демидовым, надеясь получить вознаграждение. Но он был просто изгнан из пределов Тагильского округа.

Самое знаменитое открытие было сделано вогулом Степаном Чумпиным. Он показал куски магнетитовой руды с реки Кушвы шахтмейстеру Ярцеву, сказав, что на Кушве такой руды целая гора. Ярцев не придал находке какого-либо значения, но случайно оказавшийся рядом советник Хрущев понял значимость находки и велел Ярцеву немедленно скакать в Екатеринбург. Загнав лошадей, шахтмейстер успел вовремя предстать перед начальником горных заводов Урала горным командиром Татищевым. Едва успели оформить заявку, как в канцелярию прибыл сын Никиты Демидова Василий, чтобы оформить заявку на тот же участок, но участок уже принадлежал казне. Позже Чумпин водил самого Татищева на большую и малую магнитные горы, названные им одним емким словом – Благодать. За находку Чумпин был от казны вознагражден деньгами в сумме 24 рубля 70 копеек. Позже ему установили памятник на горе Благодать – тумбу с чугунной чашей и факелом на ней. Тумба эта и сейчас стоит на склоне большой выработки в районе Кушвы. *(Запарий, 2004)*.

Традиция считает основателем уральской горнометаллургической промышленности Демидова. В бесконечных до надоедливости упоминаниях его имени меня очень раздражает то, что истинные первооткрыватели месторождений Урала оказались забыты и на первый план вышел человек, чья истинная роль видна именно на описанных примерах открытия месторождений гор Высокой и Благодати. Как мы видели, он (или что то же – его представители) попросту запретили Савину показываться в пределах Тагильского округа. Его истинная роль в точности та же, что и сегодняшних «олигархов» – ловкий горлохват и в общем хороший организатор, знавший что от него нужно тому, кто дал ему все.

Магнитка и Кузнецкий комбинат – символы советской индустрии

Новый этап развития российской металлургии начался в связи с индустриализацией страны в 30-ых годах XX столетия. Символом индустриализации стало строительство Магнитогорского металлургического комбината на Южном Урале. Сырьевой базой комбината стало месторождение горы Магнитной.

Горой Магнитной называлась группа возвышенностей (Атач, Дальняя, Узянка, Березовая, Ежовка), занимавшая в общей сложности площадь примерно в 25 квадратных километров на левом (азиатском) берегу реки Урал. Здесь сосредоточено почти полмиллиарда тонн высококачественной железной руды. Руда залегает неглубоко, а зачастую просто выходит на поверхность. Первая заявка на право разработки этой руды была сделана в 1752 году.

Таким образом, Магнитка была найдена на 50 лет позже двух других членов триады главных железорудных месторождений Урала – гор Высокой и Благодати, а освоение ее началось лишь почти 200 лет спустя. Связано это было с тем, что гора Магнитная была расположена в степной зоне. Леса здесь отсутствовали, не было поблизости и месторождений коксующихся углей. В конце XIX века на Урал была направлена экспедиция, возглавляемая Д. И. Менделеевым, главной рекомендацией которой была замена использования древесного угля коксом (который уже использовался в это время всей металлургической промышленностью мира) и в связи с этим подчеркивалась необходимость использования только что открытых угольных месторождений Кузнецкого угольного бассейна (Кузбасса). В отчете комиссии приводится первая оценка запасов горы Магнитной – около 1 миллиарда пудов руды.

Выводы комиссии Менделеева о перспективности месторождения горы Магнитной были подтверждены в ходе исследований выдающегося русского петролога А. Н. Заварицкого. В ходе работ 1911–1912 года он определил возможные запасы железной руды в 5.3 миллиарда пудов. Потенциальные запасы были еще более увеличены до 6–7 и даже 10 миллиардов пудов в ходе магниторазведочных работ В. И. Баумана и Н. М. Батурина, проведенных в 1917 – 18 годах.

Идея одновременной разработки рудных месторождений горы Магнитной и коксующихся углей Кузбасса приобрела организационную форму в постановлении о создании Урало-Кузнецкого комбината. Идея была проста и очевидна: разрабатываем на Урале руду и везем ее в Кузбасс, а обратным ходом те же эшелоны доставят на Урал коксующийся уголь. Для того, чтобы идея заработала, строим одновременно металлургические комбинаты полного цикла у горы Магнитной и в Кузбассе. В соответствии с обычным для советской системы волюнтаризмом никаких экономических расчетов при этом не производилось.

Еще весной и летом 1917 года прибывшая по приглашению Временного правительства специальная комиссия американских инженеров сделала вывод о невозможности и нецелесообразности комплексного совместного развития железорудных месторождений Урала и каменного угля Кузбасса. Но что могли понимать в социалистической экономике буржуазные специалисты!

В развитии Урало-Кузнецкого комбината ярко проявились основные черты социалистической экономики:

Волюнтаризм в принятии коренных решений по развитию экономики. Такой была сама идея УКК. Полное отсутствие экономической оценки даже крупных экономических проектов, характерное для социалистической системы хозяйствования. Казалось бы, чего проще – на Урале есть богатая железная руда, но нет коксующихся углей. Они есть за тысячу километров от Урала – в Кузбассе. Но там нет железных руд. Вот и давайте повезем уральскую руду в Кузбасс, а обратным ходом те же эшелоны повезут коксующийся уголь на Урал. Сто-

имость тысячекилометрового перегона железнодорожного состава не учитывается вообще. На обоих концах этой транспортной системы построим большие металолургические комбинаты полного цикла (будущие Магнитогорский и Кузнецкий).

Наметки строительства Урало-Кузнецкого комбината были сформулированы В. И. Лениным в работе «Очередные задачи советской власти». По Брестскому договору весь район южной топливно-металлургической базы страны был отрезан от Советской России. В 1918 году Высший Совет Народного Хозяйства объявил конкурс на «проект создания единой хозяйственной организации, охватывающей область горно-металлургической промышленности».

Деньги на строительство не были проблемой вообще. Говоря о черной металлургии 30–40 годов XX века в Советском Союзе надо помнить, что объемы производства чугуна и стали на душу населения считались главным показателем степени индустриального развития страны и денег на это не жалели.

Стремление в полной мере использовать научно-технические идеи и привлечение к этой работе талантливых инженеров. Строительство УКК связано с именами двух выдающихся инженеров – М. К. Курако и И. П. Бардина. М. К. Курако был выдающимся ученым-доменщиком. Его работы полностью преобразили технику доменного дела и внедрение их преобразовало металлургические заводы Юга России. Но в полной мере преобразовать металлургическое производство на действующих предприятиях было трудно. Поэтому он с энтузиазмом берется за проектирование нового металлургического гиганта в Сибири.

Рис. 1.5.7 М. К. Курако.

Однако во время очередной поездки в Кузнецк он заразился сыпным тифом и умер. Но проект уже «пошел». В 1927 году начался набор рабочих, которым предстояло строительство крупнейшего металлургического завода В 1929 году на место М. К. Курако назначают его ученика И. П. Бардина. Строительство завода началось в зимние дни конца 1929 года, когда температура была ниже 30 °С, и длилось всего 1000 дней.

Рис. 1.5.8. Выдающийся советский металлург академик И. П. Бардин – технический руководитель строительства Кузнецкого комбината.

История строительства Кузнецкого комбината – это история легенд индустриализации страны. Решение о его строительстве было вынесено СТО (Совет Труда и Обороны) 15 января 1929 года. Проектная мощность определена в 820 тысяч тонн чугуна. В 1930 году базовая мощность комбината была поднята до 1.2 млн. тонн. В апреле 1929 года XVI партконференция утвердила первый пятилетний план, согласно которому производство чугуна в стране должно было возрасти в 3 раза до 10 миллионов тонн и всего было одобрено строительство до десятка крупных предприятий черной металлургии (включая Магнитку, Кузнецкий комбинат, Днепровский комбинат, Криворожсталь и другие). Громады планов скоро, как говорят авторы статьи, превратились в настоящее мифотворчество *(Кузнецкий металлургический комбинат им. И. В. Сталина (тот же источник, что и к рис. 1.5.8)*.

В 1930 году председатель Госплана СССР Г. М. Кржижановский одобрил увеличение производства до 15–17 миллионов тонн чугуна. Все проектирование осуществлялось американской компанией Freyn Engineering Company, было подписано рамочное соглашение на оказание консалтинговых услуг *(Ежик, Ленин, Сталин и все-все-все! Когда СССР любил США – Кузнецк, Магнитогорск и не только)*. Условия предоставления кредитов в США были очень жесткими, поэтому с согласия амерканской стороны кредиты были получены в Германии. Стоимость строительства Кузнецка неизвестна. Но общая стоимость строительства Днепрогэса по американским данным оценивается в 100 миллионов долларов. Считается, что стоимость строительства Кузнецкого комбината близка к этой цифре. Первая группа американских инженеров в количестве 18 человек прибыла на стройку в 1930 году.

Строительство велось в ужасных даже по меркам СССР условиях. Одновременно с проектом из Чикаго прибыла большая группа инженеров, принимавших непосредственное участие в строительстве (всего до 300–350 человек). Количество инженеров говорит само за себя – по сути это был весь инженерно-технический состав комбината. Среди них были и американские коммунисты, используемые как переводчики, и крупные инженеры, среди которых и начальник строительства мартеновского цеха Роберт Вейль. Проектирование и строительство финансировалось крупными немецкими промышленными фирмами. Как-то даже неловко читать на этом фоне о том, что весь комбинат был спроектирован советским металлургом И. П. Бардиным (об американских инженерах не упоминают вообще!). Впрочем, то же происходит и с рассказом о тех людях, что строили комбинат. Говорится о сотнях тысяч комсомольцев-добровольцев, в мороз и стужу строивших Кузнецкий комбинат. И ни слова нет о рабском труде зеков. Именно об этих людях писал В. В. Маяковский в своем знаменитом стихе «Рассказ Хренова о Кузнецкстрое и людях Кузнецка». Если верить Владимиру Владимировичу, они только и думали о том, что «через четыре года здесь будет город-сад». Сюда же возили и другого пролетарского поэта, Демьяна Бедного, имевшего совесть рассказать зекам о том, как кулаки и иностранные капиталисты эксплуатируют русских рабо-

чих и заставляют их умирать за свои интересы. Что и говорить, оба поэта сыграли роль сотрудников культурно-воспитательной части огромного лагеря, каким был Кузнецкстрой. Они (поэты) выполнили идеологическое задание. Даже сейчас, три четверти столетия спустя, продолжают говорить об энтузиазме десятков тысяч комсомольцев-добровольцев *(Бардин Иван Павлович)* и об оргнаборе, как одном из основных поставщиков рабочей силы на строительство. Прямое свидетельство о том, кто и как доставлялся на стройку, остался в книге того же С. М. Франкфурта: «Осенью 1930 года прибыли на работу первые раскулаченные. Прибыли они сразу двумя эшелонами. В течение нескольких дней прибыло несколько тысяч человек» *(Франкфурт, 1935)*.

По имеющимся данным количество рабочих в разгар стройки достигало сотен тысяч человек, и это не считая порядка 30 000, работавших на строительстве железнодорожной ветки. Ясно, что никакой оргнабор не мог обеспечить такого количества рабочих. Совсем другой, краткий, но честный отзыв об условиях труда на Кузнецком комбинате находим у посланного сюда с той же целью И. Г. Эренбурга. По его воспоминаниям «люди строили завод в неслыханно трудных условиях, кажется, никто нигде так не строил, да и не будет строить» *(см. цитированный выше источник)*.

Наверное, первым прямым свидетельством об условиях строительства Кузнецкого комбината и других строек первой пятилетки стала книга сотрудника Ленинградского Гипрошахта М. Рудина. Он выпрыгнул с парохода в воду в японском порту Хакодате, добрался вплавь до берега, имея под одеждой спрятанные материалы об условиях труда в трудовых лагерях СССР. Позже он издал об этом книгу *(Рудин, 1934)*.

Условия жизни определялись практическим отсутствием продовольствия и жилья. На Кузнецкстрое первейшей была задача ввести в эксплуатацию производственные мощности. Решение социально-бытовых нужд, обеспечение людей нормальным жильем всегда оставались на втором плане. В директивных документах бедственное положение людей на стройке неоднократно отмечалось, но выправить его возможности не было. В 1932 году на одного работника приходилось 3.5 кв. метров. В Сад-городе (то есть Новокузнецке) ситуация была еще хуже – там было только 1.5–2 м^2 на человека.

Составители источника приводят прямые свидетельства строителей об условиях их питания. Так-что поэты воспели строительство, на котором были задокументированные случаи людоедства. Все поизводственно-технические вопросы строительства решались в полном соответствии с практикой того времени – обвинениями конкурирующих начальников в саботаже и вредительстве. В 1934 году директором КМК становится профессиональный металлург К. И. Бутенко. Тут же разгорается конфликт между ним и И. П. Бардиным и связанными с ними сотрудниками. В 1937 году на предприятии была вскрыта «глубоко законспирированная и широко разветвленная шпионско-диверсионная организация руководителей служб, отделов, цехов» – всего было арестовано 42 человека (как правило, технические специалисты). В 1937 году был приговорен к расстрелу и заключению 431 человек из работавших на Кузнецком комбинате. В мае 1937 года на III партконференции секретарь горкома заявил:»Мы сейчас с Вами являемся свидетелями такого факта, когда основная руководящая головка нашего комбината оказалась шпионами, агентами, японо-германскими агентами, вредителями».)

Рис. 1.5.9. С. М. Франкфурт (1883–1937). Начальник Кузнецкстроя в начальный, решающий период его строительства. (Кузнецкий металлургический комбинат).

В цитированном выше материале приводится фотография С. М. Франкфурта (1883–1937). В подписи к фото говорится, что он – второй руководитель Кузнецкстроя. В тексте о нем ни слова. Сергей Миронович (Соломон Меерович) был членом партии с 1904 года и руководителем Кузнецкстроя с 1930. Он был назначен лично И. В. Сталиным, и именно его заместителем был И. П. Бардин. С ним связана вся организация стройки в начальный, решающий ее период. О нем материалы можно найти в работе М. Кушниковой и В. Тогулова «Неисчерпаемый Франкфурт». Деловая биография его проста – он всегда номенклатурный администратор. Это о нем И. Эренбург писал: «Начальник строительства старый большевик С. М. Франкфурт был одержимым, иначе не назовешь, он почти не спал, ел на ходу; нужно было то расследовать причины очередной аварии, то успокоить людей, которые бросили работу с криком «даешь спецуру!», то разместить прибывших самотеком казахов. В его кабинете я увидел акварель «Париж в сумерки». Сергей Миронович был до революции политэмигрантом». Он был разоблачен как троцкист, снят с работы, переведен на Урал, позже судим и расстрелян в 1937 году.

Рис. 1.5.10. Кузнецкий металлургический комбинат им. И. В. Сталина

Группа ученых-экономистов из комиссии по металлу УССР во главе с Я. Б. Дименштейном опубликовала целую серию книг и статей, доказывая убыточность Урало-Кузнецкого проекта. По их подсчетам перевозка угля Кузбасса на расстояние более 2000 км сделают уральский, в частности магнитогорский металл много дороже украинского. Но спе-

циалистами было доказано, что благодаря высокому качеству магнитогорской руды стоимость производимого металла будет все же ниже криворожского. При этом металлургические предприятия на восточной, Кузбасской стороне, отсутствовали вообще – их предстояло построить. Кузнецкий металлургический комбинат в городе Новокузнецке такой же символ индустриализации страны, как и Магнитка. В конечном итоге стратегические соображения, опоавдывающие необходимость строительства нуждами развития Востока страны, возобладали, и 8 мая было подписано решение о строительстве Магнитогорского комбината на левом, восточном берегу реки Урал. Руда магнитогорского месторождения обеспечивала сразу два металлургических комбината – Магнитогорский и Кузнецкий. Разработка Магнитогорского месторождения стала символом индустриализации страны.

Урало-Кузнецкий комбинат существовал на протяжении 15 лет, но постепенно поставки руды и коксующихся углей Кузнецкому комбинату стали осуществляться с близлежащих месторождений Сибири и Урала. В настоящее время УКК уже не работает.

Первое, что было необходимо сделать, чтобы начать строительство – соединить будущий комбинат с железнодорожной сетью страны. 30 июня 1929 года было построена линия Карталы – Магнитогорск, и по ней началась доставка на стройку рабочих и оборудования.

Строительство велось обычными для периода сталинской индустриализации методами. Более 14 000 рабочих, согнанных из заволжских деревень, жили в землянках в адских условиях. Работы велись круглосуточно в любое время года.

Рис. 1.5.11. Магнитогорский металлургический комбинат

Главным событием в развитии черной металлургии России в послевоенный период было истощение запасов уральских месторождений. Это было фоном, на котором принимались решения о сохранении металлургической базы страны. В рассказе об этом надо отметить два события:

Во-первых, было открыто Соколово-Сарбаевское месторождение в северном Казахстане на продолжении Уральской горной системы, перекрытой плащом осадочных отложений. Открытие это было сделано, поскольку летчик заметил в этом районе отклонение стрелки компаса. Месторождение принадлежит к тому же типу уральских железорудных скарновых месторождений *(Емельяненко)*.

Месторождения Курской магнитной аномалии

Но главное – была переоценена возможность разработки железорудных месторождений так называемой Курской магнитной аномалии. Впервые магнитную аномалию в этом районе обнаружил астроном академик П. Б. Иноходцев в 1778–1779 годах при составлении карт Генерального межевания. Но только через 100 лет приват-доцент Казанского университета И. Н. Смирнов вновь обратил на него внимание при проведении геомагнитных съемок. В конце XIX века было установлено, что речь идет о самой большой в мире магнитной аномалии. Она была детально изучена профессором Московского университета Э. Е. Лейстом. Возникновение ее связывалось предположительно с наличием на глубине магнитных руд.

К железным рудам обратились лишь в середине XX века. С 1920 года начала работать Особая комиссия по исследованию КМА, возглавляемая И. М. Губкиным. Залежи богатых руд КМА прослеживаются в длину на 850 км при ширине зоны до 200 км. Здесь разведано 18 месторождений железа с запасами 850 миллиардов тонн и 80 млрд. тонн богатых железных руд *(Курская магнитная аномалия)*.

Железорудные месторождения КМА приурочены к Воронежской антеклизе Восточноевропейской платформы; нижний этаж относится к докембрийскому фундаменту платформы, верхний составляют полого залегающие осадочные толщи платформенного чехла. Железные руды приурочены к кристаллическому фундаменту, глубина залегания которого в среднем составляет 60 – 650 метров. Развиты два типа руд: бедные, но в значительной степени рентабельно обогащаемые, с содержанием 53.6 – 61.6 %, серы 0.08 – 0.4 %, фосфора 0.02-.03 %. Бедные руды представлены железистыми кварцитами Курской серии и имеют мощность от нескольких метров до 700 метров (в юго-западной части КМА); по составу они относятся к магнетитовым, магнетито-гематитовым и гематитовым. Богатые руды большей частью связаны с древней корой выветривания железистых кварцитов, являясь продуктом их окисления и природного обогащения, они состоят, в основном из мартита, железной слюдки, димонита и сидерита. Богатые руды известны в двух формах залегания: горизонтальные плащеобразные залежи на головах пластов железистых кварцитов и крутопадающие залежи, уходящие иногда на глубину до 500–700 метров.

В 1931году было установлено наличие богатых железных руд. В послевоенное время здесь были созданы несколько крупнейших рудников (Лебединский, Михайловский, Стойленский, Большетроицкий, Новоялтинский, Погромецкий, Коробковский). Почти все они, кроме последнего, разрабатываются открытым способом. Лебединский карьер является крупнейшим в мире карьером и занесен в книгу рекорда Гиннеса. Его ширина превышает 5 км, глубина – более 600 метров. Сейчас рудники района КМА дают в год 30 млрд. тонн железной руды, уступая лишь боливийскому месторождению Мутуси (40 млрд. тонн в год). *(Из истории открытия КМА)*.

Казалось бы, все замечательно – проблема снабжения рудой решена. Но в результате строительства перечисленных огромных карьеров природа центральных районов России была практически уничтожена. В США это противоречие снимается ужесточением правил по сохранению окружающей среды и созданием системы национальных парков. В России этого нет и природа попросту уничтожается.

Академик И. М. Губкин писал, что «Вся история КМА – это борьба с косностью и консерватизмом». Она продолжается и по сей день, более того, темпы этой борьбы нарастают. И это не может быть иначе. Запасы железной руды на КМА составляют 60 % запасов железных руд России и 20 % мировых запасов. Учитывая тот факт, что для всего человечества основой социального прогресса пока является горная промышленность, а материальные потребности населения любых стран даже на отдаленную перспективу на 80 % будут зависеть

от обеспеченности минеральным сырьем, можно с уверенностью утверждать, что объемы добычи и переработки минерального сырья будут расти. На КМА это будет реализовано уже в ближайшее время. Опустим историю борьбы и посмотрим на ее итоги. Результаты этой борьбы наглядно видны из приводимых ниже данных.

Ясное дело, что создание в черноземной области гигантских карьеров привело к полному уничтожению прекрасной природы черноземной полосы России, воспетой в классической русской литературе. Главное богатство района – чернозем, который является «основой продовольственной безопасности России, почти уничтожено и продолжает уничтожаться ускоренными темпами. В 1900–1905 годах мощность чернозема на КМА достигала двух метров, а содержание в нем гумуса в почвах превышало 16 %. К началу промышленного освоения района из-за нарушения агротехники содержание гумуса было снижено до 6–8 %, а в серых лесных почвах – 1.7–2.5 %. В зонах, захваченных депрессионной воронкой, отмечено снижение урожайности сельхозкультур на 10–60 % и усыхание древесной растительности. Но этого мало – в результате отравления воды и воздуха тяжелыми металлами – содержание их по данным того же источника в 100 раз превышает допустимые нормы – в 1991–1999 годах хронические формы патологии увеличились в 2 раза, болезни крови и кроветворных органов в 3.9 раза, новообразования – в 1.4 раза, болезни органов пищеварения в 3.3 раза, болезни мочевой системы в 1.7 раз, число врожденных аномалий увеличилось в 2.4 раза. Ухудшение медико-демографических показателей населения области отмечается с 1986года. Так что естественно, что с 1990 года данное явление перешло в депопуляционный процесс и в 1999 году убыль населения достигла рекордной за последние 20 лет цифры в 11.2 тысячи человек в год. Картина, как видим, совершенно аналогичная уничтожению природы в результате деятельности Норильского горно-металлургического комбината, описанной в главе 2.7.

В Норильске ссылались на хрупкость природной среды заполярных районов и особую токсичность отходов переработки арсенидных руд. В центральном районе России не было ни того ни другого. Но если отравление планеты в районе Норильска было остановлено вмешательством английской радиокорпорации БиБиСи, то в центральном районе России вмешаться было некому.

И ведь именно по этому району во время Второй мировой войны прошлись танки Курской дуги, но нанесенный войной урон природа смогла восстановить. Сейчас дело решила казалось бы незначительная вещь – нарушение агротехники. И на этот раз, увы! – это, видимо, навсегда. О прекрасной русской природе теперь можно лишь вспомнить, читая описания ее у Тургенева, Толстого или Бунина.

Рис. 1.5.12 Крупнейший в мире Лебединский карьер на КМА. Лебединский ГОК – Металлоинвест.

Железо для стальных мускулов юного гиганта

Месторождения Миннесоты, известные под названием Железного Хребта, были открыты в 1866 году. Они состоят из трех кряжей Месаби, Вермильон и Куюна.

Леонидас Мерритт и его родственники, получившие известность как семь железных братьев, правильно оценили огромную перспективность своей находки. Заняв большие деньги, они приобрели право на разработку на огромных участках земли, и начали строительство железнодорожной линии для вывоза руды к озеру Верхнее. Но тут разразился кризис 1893 года, Цены на железную руду резко упали и железные братья обратились за деньгами к Джону Рокефеллеру. Они получили заем под залог собственности на компанию. Рокефеллер правильно оценил потенциальную выгодность проекта и, главное, мог ждать. В 1894 году он купил у Мерриттов пакет акций за 900 000 долларов и потратил 525 000 долларов на урегулирование финансовых претензий. К 1901 году проект стоил 9 миллионов долларов. В 1912 году дело слушалось в Конгрессе, но к этому времени Леонидас Мерритт перенес психическое расстройство и был не в состоянии объяснить последовательность событий) *(Seven Iron Brothers)*.

Руды принадлежат к типу железистых кварцитов, близких к месторождениям Кривого Рога. Они образовались в докембрии (1700–3000 млн. лет назад) в эпоху выравнивания ранее сформированных горных систем. Предполагается, что водоросли способствовали повышению уровня кислорода, что привело к осаждению железа, поступившего в водный бассейн в ходе денудации горных хребтов.

Хребет Месаби протягивается на 100 миль (около 160 километров). Рудное тело имеет мощность 500 футов (около 150 метров). Богатые руды месторождения гематитовые и содержали около 70 % железа при незначительном количестве серы и фосфора.

Эти месторождения стали основой компании U. S. Steel, контролировавшей большую часть производства металла в США. В целом из их руды производилось до 70 % железа Соединенных Штатов. Именно эти месторождения дали железо для стали, сделавшей возможной строительство растущих вверх американских городов. Разработка велась серией открытых карьеров, хотя некоторые рудники на начальных этапах разрабатывались подземным способом. Добытые руды транспортировались в 100-тонных вагонах в расположенные на озере Верхнем порты Дулут (Duluth) и Две Гавани (Two Harbors). В конечном итоге руда доставлялась на металлургические заводы Индианы и Охайо. Месторождения, в частности Месаби, активно эксплуатировались в первую половину XX столетия, К 50-ым годам богатые руды месторождений истощились и перешли на добычу бедных кварцитовых руд – таконитов (53–58 % железа). Позже добыча была сокращена, но в середине 70-ых годов вновь возобновилась в расширенном объеме в связи с потребностями в индустриализации Китая и упавшим обменным курсом доллара, сделавшими добычу таконитов экономичной *(Тарнавский)*.

Заключение

Приведенные выше очерки истории отдельных месторождений со всей очевидностью показывают общность процесса открытия и освоения месторождений отдельных районов при всех различиях их положения, экономических условий и экономики разных стран, в которых эти месторождения расположены. Главным шагом в принятии решений о выгодности освоения и перспективности того или иного месторождения является оценка его перспективности, во многом основанная на определении его принадлежности к тому или иному генетическому типу. Сегодня в распоряжении геологов, занимающихся этими вопросами,

имеется детально разработанная типизация месторождений минерального сырья, все материалы о геологической ситуации в районе того или иного месторождения. И можно только поражаться смелости и интуиции тех, кто принимал решения об освоения тех или иных месторождений, не имея этих материалов.

Потребность в железе, особенно в связи с индустриализацией Китая и Индии, не уменьшается, а только растет. С учетом того, что железные руды большинства месторождений Китая исчерпаны, спрос на экспорт железных руд в эту страну огромен. Предполагается, что потребность в импорте железной руды в 2004 году составит 180 миллионов тонн *(Тарнавский)*. Запасы руд, в том числе и богатых, на разведанных месторождениях огромны.

Если задаться вопросом о перспективах железорудных месторождений в XXI веке, то видно, что опять, как и на всяком повороте истории железного века, они связаны с возможными изменениями технологии производства металла. Исчерпание богатых руд принуждало к созданию технологии приготовления агломератов, окатышей и, если металл предназначался для употребления в экстремальных условиях температур и давлений, сталь заменялась ферросплавами. Не вдаваясь в подробности, можно сказать, что в связи с такими изменениями технологии может быть также произведена замена домен, которые уже сейчас рассматриваются многими компаниями как динозавры, мини-заводами и внедрением новой технологии производства идущих в домны окатышей, с использованием электроэнергии вместо природного газа. Уже сейчас демонстрационная установка такого процесса работает на тех же описанных выше месторождениях Миннесоты.

Литература

Бардин Иван Павлович.

Белоус В. В., Булатная сталь – мифы и действительность.

Гиляровский В., 1968. Собрание Сочинений в 4-х томах, Том 2.

Железо.

Егоров, Л. С., 1975, Нельсониты, франколитовые брекчии и проблема апатитоносности карбонатитовых массивов. Записки Всесоюзного минерал/ Общества, т. 104, по.3, стр.273–287.

Ежик, Ленин, Сталин и все-все-все! Когда СССР любил США – Кузнецк, Магнитогорск и не только…

Емельяненко, Т. И. Скарново-магнетитовые месторождения Урала.

Запарий В. В., 2004, История черной металлургии Урала. История Есетествознания и Техники, № 1, стр. 160–169.

Иванов Ю. А. Начальник Кузнецкстроя.

Кузнецкий металлургический комбинат им. И. В. Сталина.

Курская магнитная аномалия.

Магнитогорский металлургический комбинат (ММК), ОАО.

Мезенин Н., 1983, Землепроходцы и рудознатцы Урала. Газета Тагильский Рабочий от 08.09 1983.

Мыс Йорк (метеорит) – Википедия.

Падающие звезды.

Платонов В., 2002, «Курганы Поля». Зеркало Недели по. 36, 21–27 сентября 2002.

Рудин М., 1934, Пирамиды красных фараонов. Издательство Эмигрантская библиотека, Шанхай, 144 стр.

Тарнавский В., Железорудная лихорадка.

Ferrum, Fe (26).

Фритгуд Т., 1994, Юзовка и Революция, т. 2, Политика и Революция в российском Донбассе, 514с. стр.

Adams F., 1902, Notes on the Iron Ore deposits of Bilbao, Northern Spain. Canadian Mining Institute, McGill University, Papers from the Department of Geology, Montreal, p. 1.

Frietsch, R., 1978, On magmatic origin of iron ores of the Kuruna type. Economic Geology, v. 73, no.4, p. 478–485.

Seven Iron Brothers – Wikipedia, the free encyclopedia.

Глава 1.6. Молибденовый Клаймакс

Вольфрам и молибден – два элемента, которые стали основой военной промышленности в период первой мировой войны. Именно тогда оба металла стали требоваться в массовых количествах для производства стволов ружей и орудий и крепкой брони. От присадки этих металлов стало зависеть производство сталей, устойчивых при высоких температурах, поскольку от их наличия стала зависеть обороноспособность армий всех стран. Насколько велика была гонка за их рудами, можно судить по тому, что много лет спустя Голливуд создал шпионский детектив с двумя выдающимися актерами – Кери Грантом и Ингрид Бергман в главных ролях, основой сюжета которого было раскрытие немецких попыток вывезти из Бразилии вольфрам-содержащие минералы. Месторождения вольфрамовых руд были очень редки. Положение изменилось, когда крупный французский оружейный концерн Шнайдер в 1916 году установил, что стали, содержащие 1.5–2 % молибдена, идеальны для орудий и танковой брони. Они успешно заменили применявшиеся до этого стали с добавкой более дорогого и редкого вольфрама.

Открытие шеелитовых скарновых месторождений Гиссарского хребта в Таджикистане обеспечило Советский Союз своим вольфрамом. Именно эти месторождения были темой диссертации замечательного геолога Ивана Георгиевича Магакьяна, читавшего нам в Ленинградском горном институте в середине 50-х годов лекции по курсу «Месторождения полезных ископаемых». Потребности СССР в молибдене покрывались медно-модибденовыми месторождениями Армении и кварц-молибденитовым месторождением Тырныауз на Северном Кавказе. Эти месторождения покрывали потребности промышленности мирного времени. Но во время Второй мировой войны их продукции уже не хватало, чтобы удовлетворить нужды военной промышленности. Для увеличения добычи вольфрамовой руды во время войны была разрешена ее разработка артелями, и концентраты вольфрамовых минералов скупались государством за валютные боны. Не случайно поэтому, что молибденовый концентрат поставлялся США в рамках помощи по ленд-лизу. Они перевозились на бортах караванов кораблей, везших в Союз самые нужные для армии грузы. Память об острой нужде в молибдене напоминает и геологическая песня послевоенных (наших студенческих!) лет: «Ты пойдешь по тайге опять, молибдена руду искать…»

Элемент молибден был открыт и описан шведским химиком Шееле в 1778 году и назван греческим словом «молибдос», что в переводе означает «похожий на свинец». Металлургия молибдена была впервые разработана французским химиком Анри Муассаном в 1898 году. Добыча молибдена в основном упиралась в разработку процесса обогащения молибденовых руд. Лишь после того, как была отработана схема эффективной флотации молибденита из руд, стало возможным достаточно эффективно разрабатывать молибденовые месторождения. Отис Арчи Кинг продемонстрировал эффективность применяемого им процесса обогащения руды.

Но область применения нового металла долгое время была неизвестна. Редактор журнала «Инджинеринг и Металлурджи» писал в октябре 1900 года, что мировой спрос на металл очень мал и разработка большей части его руд вряд ли имеет смысл. Поэтому и определение молибденита в Клаймаксе не принесло перемен его владельцам. Положение сохранялось 21 год, до начала Первой мировой войны. Молибденовое месторождение Клаймакс[2] *(Voinick, 1996)* в Скалистых горах было одним из немногих рудных месторождений США, известных нам по институтскому курсу.

[2] Само название «Клаймакс» (в переводе «восхождение») не имеет ни малейшего отношения к горнорудной промышленности. Оно означает конечный пункт участка, где от составов отцепляли второй паровоз.

Нам рассказывали о его геологии, как классическом примере кварц-молибденовой формации. И не спроста – рудники Клаймакс и соседний Хендерсон в начале 50-х годов прошлого века давали половину мировой добычи этого металла. Подтвержденные запасы руды с содержанием 0.2 % молибдена (очень высоким!) составляли 470 млн. тонн.

История открытия молибденового Клаймакса во многом уникальна. Прежде всего, потому, что долго не могли понять, что ищут. Потом надо было определить, кому это, собственно говоря, нужно. И в промежутке – как это добыть и извлечь. Открытие Клаймакса – неожиданный результат поисковой лихорадки, охватившей горное Колорадо в конце XIX века. Центром ее стал поселок, а в дальнейшем город, Ледвилл. История его топонимики отчетливо отражает этапы поисковой активности и смену ее ориентировки.

Весной 1860 года в Калифорнийском ущелье были обнаружены признаки богатых россыпей золота. Начался первый, золотой бум. В течение года горняцкий поселок насчитывал уже несколько тысяч обитателей. Но россыпи вскоре сошли на нет, попытки поисков коренных золотых месторождений к успеху не привели. и поселок, названный Оро Сити (с испанского – «золотой город», с английского – «рудный город») опустел. В нем осталось лишь 200 человек да десяток бревенчатых хижин.

До наших дней город сохранил название Ледвилл – «свинцовый город». Обычной формой свинцовых руд является сульфид свинца – галенит, хорошо известный горнякам, минералогам и старателям своим серо-стальным цветом и металлическим блеском. Но в Ледвилле вместе с золотом в концентрат уходил нисколько не сходный с галенитом серый, матовый, лишенный металлического блеска неизвестный минерал. Лишь несколько лет спустя, в 1874 году, ситуация изменилась, когда сюда был приглашен горный инженер и металлург А. В. Вуд. Он определил, что этот тяжелый минерал не сульфид, а карбонат свинца – церуссит. До этого никто не считал его зерна заслуживающими внимания. Однако первая же проверка показала, что минерал исключительно богат серебром. До открытия церуссита поиски серебра не вызывали энтузиазма, большинство горняков были хорошо знакомы с калифорнийскими золотыми россыпями, где серебра не было. Значение диагностики этого минерала оказалось настолько велико, что при обсуждении названия растущего города фигурировало имя «Церусситвилль». Но оно было отвергнуто в пользу более простого и понятного любому горняку – Ледвилл.

Начался новый бум – серебряный. На этом серебре выросли состояния «серебряных королей», а наш штат стал неофициально называться Силверадо («серебряная страна», с испанского).

Открытие серебряного Ледвилля – часть грандиозной эпопеи освоения Запада США. Непосредственное открытие Ледвилля связано с именем Хораса Тейбора – одного из «серебряных королей». Он ни в коей мере не знал геологию, как все пионеры, занимался чем угодно, чтобы «сделать деньги».

Рис. 1.6.2. Хорейс Тейбор – фактический основатель Ледвилля.

Рис. 1.6.2. Принадлежавший Тэйбору магазин, торговавший всем чем угодно (по-русски сельмаг).

Сегодняшний Ледвилл – город-воспоминание о тех бурных временах. Тихие улицы носят имена подружек серебряных королей – Бэби До и Молли Браун.

Рис. 1.6.3 Несравненный рудник, подаренный Тэйбором Бэби До. Рядом с ним хижина Бэби До.

Рис. 1.6.4. Бэби До – подружка Тэйбора, 1883год.

Высится здание оперного театра – дань устойчивой традиции старателей всех стран мира знаменовать успех строительством оперного театра. Он для них такой же символ большого успеха, как, скажем. бархатные портянки или сжигание сторублевых купюр для российских старателей. Смешно сказать, но когда в сердце джунглей Амазонии разразился каучуковый бум, первое, что построили добытчики каучука, был именно оперный театр. А в Колорадо один из серебряных королей, Тэйбор, построил и второй оперный театр, в Денвере, куда он позже переехал.

Рис. 1.6.5. Оперный театр Тэйбора в Ледвилле – символ старательской удачи.

В Ледвилле напротив оперного театра сохранилось солидное здание старого салуна. Собственно, это такой же салун, как и любой другой, какие водились на Западе, но высокие потолки и тяжелая «стильная» мебель должны были создавать впечатление роскоши и льстить тщеславию горняков. Но сегодня железнодорожные пути в центре города поросли травой.

Рис. 1.6.6. Сегодняшний Клаймакс. Фото автора.

И все-таки свинец остался в названии города не только по инерции. Исторически это справедливо. Серебро является обычной примесью в свинцовых рудах. Именно из свинцовых месторождений добывается значительная часть мирового серебра. Знаменитое серебряное месторождение древней Греции Лаврион, сделавшее возможным расцвет Афин классического периода, стало знаменитым после того, как на глубоких горизонтах его в свинцовых минералах обнаружили необычно высокую примесь серебра. Серебро России так же в значительной мере поставлялось свинцовыми месторождениями Казахстана, Алтая (знаменитый Риддер в районе будущего Лениногорска) и дальневосточного Тетюхе.

Поселок Клаймакс стал всемирно известен как место крупнейшего в мире месторождения молибдена. Несомненно, присутствие рядом «свинцового города» Ледвилла питало надежды Чарльз Дж. Сентера в 1879 году, когда он обследовал большое обнажение на склоне горы Бартлетт и заклеймил участок будущего знаменитого месторождения. Он рассчитывал найти тут именно свинец и связанное с ним серебро. Прошло почти 16 лет, и только в 1895 году профессор Рудольф Джордж определил образцы из руды Клаймакса, с горы Бартлетт, как молибденит. Сам факт определения был столь значителен, что имя Джорджа осталось в истории месторождения. Потребовались годы (!!!), чтобы определить минерал, который сегодня студенты должны определять за 5 – 15минут. В течение долгого времени все поисковые работы на горе Бартлетт велись исключительно в расчете найти новые жилы свинцовой руды, богатые серебром, подобные Ледвилльским. В расчете на это на горе были проложены поисковые штольни (тоннели). Дело осложнялось еще и несовершенством аналитических работ. Первые анализы показали присутствие галенита, что возбудило интерес. Но уже следующий анализ показал, что присутствуют сурьма и графит с некоторым количеством серы. Однако в итоге все поисковые работы показали, что все оруденение здесь представлено исключительно молибденовыми рудами. Но область применения металла оставалась неизвестной. Поэтому и определение молибденита в Клаймаксе не принесло перемен его владельцам. Положение сохранялось 21 год, до начала Первой мировой войны. В 1916 году горняк и бизнесмен Макс Шотт создал молибденовую компанию Клаймакс. К концу войны она давала три четверти мирового молибдена, то есть руда Клаймакса обеспечила производство всех орудий союзных армий. Война была на исходе, США вступили в нее через год, но вся броня танков и все пушки уже несли частичку Клаймакса.

В 1918 году Клаймакс произвел 800 тонн молибденового концентрата общей стоимостью $1.8 миллиона долларов.

Рис. 1.6.7. Молибденовое рудопроявление Урад близ континентального водораздела в Клир Крик коунти близ Эмпайр, Колорадо.

Геологическое строение Клаймакса относительно просто. Около 30 миллионов лет назад, в очередной эпизод горообразования в Скалистых горах, массив расплавленной гранитной магмы взломал кровлю вмещающих пород, в которых образовалась густая сложная сеть трещин. По данным радиометрических датировок различают четыре этапа внедрения массива. В трещины рванулись газы и перегретые воды, насыщавшие гранитную магму. Из них осаждались кремнекислота (кварц) и рудные элементы, в том числе двуокись молибдена. Так сформировалось то, что геологи называют словом штокверк. Вся область пронизанной трещинами кровли массива гранитной магмы составила как бы единое рудное тело, что и дало возможность организовать добычу руды не подземными выработками, а открытым карьером. Но во времена пика активности потребность в молибдене была так велика, что параллельно с карьером добыча руды велась и подземным способом, да сразу на двух горизонтах. На флангах основного месторождения были разведаны новые тела, сложенные богатой рудой, и построен по новейшим стандартам технического искусства, *state of the art*, новый рудник Хендерсон *(Voynick, 1996)*.

Литература

Voynick S. M., 1996, The History of Colorado' s Climax Molybdenum Mine. Mountain Press Publishing company, Missoula, Montana, 364 p.

Глава 1.7. Месторождения валютных металлов

Появление «валютных металлов» как особого вида сырья связано с одной из величайших революций в истории человеческого общества – появлением монетного обмена, изобретением денег. Оно создало основу мировой экономики и торгового обмена. Изобретение денег избавило купцов от необходимости перевозок больших масс ценных металлов для покупки разных товаров. Кроме того, оно резко усилило роль государства, выпускающего деньги и гарантирующего их ценность. Деньги стали единым мерилом ценностей не только вещей, но и человеческого труда.

Все началось с того, что были созданы деньги, как средство, обеспечивающее возможность вести торговлю. Купцам необходимо было иметь с собой удобно транспортируемую универсальную меру ценности вещей и товаров. Деньги были неразрывно связаны с государством (или просто властью) и давали ему (государству) возможность делать то, что считалось необходимым сегодня. Деньгами оплачивали строительство городов, столиц, дворцов, храмов, знаменующих расцвет культуры, или преобразование экономики, они же оплачивали войну, или оружие победы.

Но месторождения, особенно месторождения драгоценных металлов, приобретают возможность воздействовать на историю только через тех, кому они принадлежат. И от кругозора этих людей зависели масштабы и характер применения средств, получаемых от тех или иных месторождений.

Золото фараонов, копи царя Соломона и страна Офир

Золото – символ власти и богатства. Не удивительно то обилие изделий из него, которое археологи находят при раскопках в самой богатой и мощной державе древнего Средиземноморья – Египте.

Золото стало основой валютного обмена в силу ряда причин. Прежде всего, оно химически устойчиво и, следовательно, хорошо сохраняется. Обычно оно встречается в природе в виде самородного металла. Самородное золото обычно не является химически чистым, в нем присутствуют небольшие добавки серебра, меди, платины, висмута. Оно химически устойчиво, хотя способно реагировать с галоидами и цианидами, ртутью и теллуром. Реже оно входит в решетку сульфидов, с которыми оно ассоциируется (обычно это пирит). Классический пример месторождения, в котором золото входит в состав пирита – Березовское месторождение на Урале.

Наиболее древним типом разрабатываемых месторождений золота являются россыпи. Вмещающие их рыхлые осадочные (речные, озерные, морские) отложения легко разрабатываются промывкой. Именно главная особенность россыпных месторождений – возможность подучения золота путем промывки золотосодержащих, рыхлых осадков, оказала решающее воздействие на использование золота как монетарного металла. В процессе промывки золото благодаря высокому удельному весу концентрируется. И можно непосредственно использовать его без всякого участия государства с его тяжелыми механизмами выпуска монет.

Стоило разнестись известию о находке золота, и начиналась золотая лихорадка. Туда, к месту нового открытия, кидались тысячи людей со всех концов мира, чтобы с киркой, лотком и лопатой попытать счастья и раз навсегда обеспечить будущее свое и своих семей. Масштаб миграций такого рода походил на великое переселение народов. Эта волна сметала любые племенные и государственные барьеры. Золотоискатели образовывали новые республики – такие, как республика Калифорния, вскоре вошедшая в состав соседних Штатов, республика Диггеров в Южной Африке. В каждом из этих случаев племенной строй был сметен раз

навсегда. Так было на Аляске сразу после начала золотой лихорадки конца XIX века, и в Африке после открытия Витватерсранда.

Следующим историческим типом эксплуатируемых золотых месторождений явились жильные месторождения кварц-золотой формации. К ним принадлежит одно из древнейших золотых месторождений Саудовской Аравии Махд адх-Дхахаб, о котором упоминается в книге Генезис в Библии. Оно кратко описывается ниже в настоящем разделе. К этому же типу относятся и месторождения Нубии, давшие золото Египту. Само название этой страны восходит к слову «нуб» (золото). В этих случаях жильная масса извлекалась полностью, дробилась, а потом золото отсаживалось в ходе промывки, как и при разработке россыпей.

Если золото входит в состав сульфидов, его надо предварительно выделить из кристаллической решетки минерала-хозяина. Для этого применяются различные методы – прожаривание, цианизация. Технология извлечения золота из жильных месторождений зависит от крупности зерен самородного металла и минеральной ассоциации, которой он связан. Для применения новейшей технологии так называемого «кучного выщелачивания» важно, в частности, чтобы частицы золота были менее 1 мм в диаметре, и отсутствовал бы арсенопирпит.

Богатейшие золотоносные россыпи Верхнего Египта были полностью отработаны уже во времена Древнего Царства (2770–2100 до н. э.). Это вынудило фараонов предпринимать военные экспедиции в соседние с юга Нубию и Эфиопию.

Древнейшие разработки коренных золотых месторождений, откуда золото поступало в Египет, находились в Нубийской и Аравийской пустынях. Уже во времена первых фараонов в Древнем Египте здесь разрабатывалось коренное золото, связанное с кварц-золотыми жилами. Материал жил дробился, и золото извлекалось либо при промывке дробленого материала, либо ручной отборкой крупных зерен. К эпохе Рамсеса II (1317–1251 до н. э.) относится так называемый Туринский папирус, на котором изображена карта рудника Вади Хаммамат. В наскальной надписи в районе одного из рудников впервые в истории упоминается имя первооткрывателя месторождения – Рени *(Баженов, 1999)*.

В Библии золото упоминается 400 раз и более всего именно в связи с именем царя Соломона. Однако, первое упоминание о золотых месторождениях находим в Библии не в книге Царств, где говорится о Соломоне, а в книге Генезис (Бытия), рассказывающей о начале мира. Здесь упоминается река Пизон, орошающая райский сад. Она протекает по земле Хавила, где имеется золото. «И золото в этой стране хорошо».

Двор Соломона купался в неописуемой роскоши: «и все сосуды для питья царя Соломона были золотые, и все сосуды в доме из Ливанского дерева были чистого золота» *(книга Царств, 10, 21)*. Серебро в Израиле того времени было низведено до уровня простого металла: «из серебра ничего не было, потому что в дни Соломоновы серебро считалось ни за что» *(Книга Царств, 6, 20)*, там ценилось только золото, о количестве которого можно только догадываться.

Золото ко двору Соломона поступало из двух источников – из близлежащих рудников и привозилось извне, то есть рудники находились вне Соломонова царства.

Работы американских археологов Джуриса Заринса из Университета штата Миссури и Фарука Эль Бэй из Университета Бостона установили, что сухое русло долины идет из района золотого месторождения Махд адх-Дхахаб («золотая колыбель», араб.), протягиваясь на 300 миль к Персидскому заливу. Разработки этого месторождения начались около 3000 лет до нашей эры. Здесь, в районе Хеджаз провинции Медина, между Мединой и Меккой, геологи нашли огромный заброшенный рудник с гигантскими отвалами отработанной породы, оставшимися после древних разработок. Тут же найдены каменные молоты и дробилки, весящие тысячи тонн, использовавшиеся для добычи и извлечения золота. Геолог Роберт В. Люс заключает: «наши исследования подтверждают, что древний рудник был так богат,

как это описывается в библейских источниках». Было вполне разумно предположить, что это и есть «колыбель золота», описанная в Библии. Так что, естественно, это месторождение стали идентифицировать с рудниками, давшими золото царю Соломону. Месторождение активно разрабатывалось в так называемый «исламский период» (между 750 и 1258 годами н. э.), но позже было заброшено. В 1932 г. американский археолог Кеннет Твитчел организовал компанию, для привлечения внимания инвесторов дал ей название «рудников царицы Савской» и за 14 лет (1937–1951) извлек около 60 тонн золота.

Рудное тело месторождения Махд адх-Дхахаб имеет форму пласта в вулканогенно-осадочной толще. Содержание золота составляет 31.8 г/тонну, со значительными примесями цинка, меди, серебра. Добыча в настоящее время ведется горнодобывающей компанией Саудовской Аравии. Саудовский генеральный директорат минеральных ресурсов провел в 70-х годах программу дальнейшей оценки месторождения. Всего в итоге этих работ было получено 22 тонны золота и 26 тонн серебра.

Среди золотых месторождений Саудовской Аравии, активно разрабатывающихся в настоящее время, выделяются несколько генетических типов. В их числе полиметаллические месторождения массивных сульфидных руд, эпитермальные (низкотемпературные) кварцевые жилы и штокверки, мезотермальные (среднетемпературные) кварцевые жилы и штокверки. На многих месторождениях золото извлекается современным методом кучного выщелачивания.

Другое направление поисков рудников царя Соломона ведет к раскопкам на территории современных Иордании и Израиля. История этих рудников базируется на данных археологических раскопок и радиоуглеродных датировок.

В 30-х годах XX века американский археолог Нелсон Глюк, проводивший раскопки в районе Тимны к югу от Мертвого моря, обнаружил остатки древнего рудника, который он тут же отождествил с «копями царя Соломона». Но к 1980-м это утверждение было отвергнуто. Радиоуглеродные датировки указывали на время порядка 700 лет до нашей эры, то есть на 300 лет позже времени царствования Соломона.

Новые раскопки, проведенные к югу от Мертвого моря в районе Кирбат эн-Нахас (*Khirbat en-Nahas* – «медные руины», араб.), позволили заново вернуться к этому вопросу. Раскопки проводились под руководством доктора Томаса Леви (Университет Калифорния, Сан-Диего) и иорданского археолога Мохаммеда Наджара (*Mohammad Najjar*). Раскопки велись в районе Фейнан в современной Иордании. В древности эти места входили в царство Эдом, бывшее вассальным государством, платившим дань Израильскому царству. Археологи обнаружили остатки крупного медного рудника. Общая площадь раскопок составляла 24 акра (около 10 гектаров). Здесь располагается несколько зданий. Вся площадь покрыта шлаком, мощность которого составляет до 20 футов (около 6 метров). Новейшие результаты радио-угдеродных анализов уверенно датируют активные разработки в рудниках X–XI веками до нашей эры, то есть соответствуют времени царствования Соломона. В ходе этих разработок были извлечены сотни тонн меди и как побочный продукт – меньшее количество золота и серебра. Т. Леви говорит, что в некоторых англоязычных источниках вместо меди употребляется термин бронза, но он относит это к ошибкам перевода.

Раскопки показали, что при царе Соломоне здесь функционировала сложнейшая система выплавки медной руды. Дошедшие до наших времен древние плавильные печи указывают, что к резервуарам, где собирался металл, вели каменные желоба, ориентированные так, чтобы использовать преобладающие в районе северные ветры, идущие вдоль долины Араба на территории Тимны. Нелсон Глюк, упоминавшийся выше, назвал такую систему подачи воздуха «древнейшим образцом автоматизации». Следует обратить внимание на то, что Тимна находится на территории Израиля, в то время как рудник района Фейнан нахо-

дится в Иордании. Возможно, что речь идет о двух разных месторождениях, разрабатывавшихся примерно в одно и то же время.

Судя по шлаку, главным продуктом, получаемым в рудниках, была именно медь, но попутно получалось значительное количество золота и серебра. Данные о геологии месторождений практически отсутствуют. Но можно с большой вероятностью допустить, что они относятся к типу сложенных массивными сульфидами рудных тел, значительное число которых известно сегодня в соседней Саудовской Аравии.

С учетом того, какой металл являлся главным продуктом рудников, можно определенно сказать, что рудники эти не могли обеспечить то обилие золота, каким, судя по Библии, характеризовался двор царя Соломона.

Основное же количество золота, по Библии, поступало из внешних источников, главным из которых была страна Офир («богатство», на древнехалдейском языке, на котором говорили народы древней Палестины). Для транспортировки этих богатств Соломон основал на Красном море в царстве Эдом, близ современного Эйлата, порт Ецион Гавер, построил там корабль, и его друг и союзник Хирам, царь Тирский, «послал на корабле своих подданных корабельщиков (финикийцев, лучших мореплавателей древнего мира) с подданными соломоновыми» *(Книга Царств, 9, 26–27)*. «Корабль Хирамов, который привозил золото из Офира, привез из Офира огромное количество красного дерева и драгоценных камней» *(там же, 10б 12)*. «В золоте, которое приходило к Соломону каждый год, весу было 666 талантов» (24975 кг) *(там же, 9, 14)*. Масштабы этих поставок можно оценить, только учтя, что они далеко превосходят уровень добычи крупнейших золотопроизводящих стран сегодняшнего мира.

Разовая доставка довольно большого количества золота ко двору Соломона извне связывается с визитом в Иерусалим царицы Савской. Она привезла как дар Соломону 120 талантов золота (4500 кг). Географическое положение страны Саба известно – это современная Эфиопия. Но она не отождествляется со страной Офир. Да и золотые месторождения Эфиопии сравнительно невелики.

Попыткам установить местоположение этой легендарной страны посвящена обширная литература. Марко Поло считал, что страна Офир находится в Азии, и арабам известно ее местонахождение. Васко да Гама узнал от своего арабского лоцмана о том, что в глубине Африки в междуречье Лимпопо и Замбези находится страна Золотая Софала. Наиболее детальный обзор различных гипотез приводится в работе Ю. М. Баженова *(1999)*. Именно эта работа и послужила автору основным источником сведений, приводимых ниже.

В массовом сознании оба источника золота царя Соломона слились и теснейшим образом связаны с вышедшим в 1885 году популярным приключенческим романом Хенри Райдера Хаггарда «Копи царя Соломона». Степень популярности романа была так велика, что по его сюжетной канве только в Англии и США с 1937 по 2004 год было выпущено четыре фильма. Именно заголовок романа и дал название этим легендарным рудникам *(Kirk Lowell)*.

Рис. 1.7.1. Древний медный рудник в Иордании, относимый ко времени царя Соломона.

Роман Хаггарда явился реакцией на записки немецкого геолога Карла Мауха, датированные 1872 годом, о загадочной долине на территории современного Зимбабве. Следуя по следам английского охотника на слонов Адама Рейндера, он провел раскопки развалин «храма», окруженного стеной длиной 300 метров, высотой 3 м и толщиной у основания 6 метров. Здесь в междуречье Лимпопо и Замбези располагалось королевство Мономатипа – по имени султана Мване Матипа «владельца рудников». Жители страны добывали железо, золото и строили каменные дома («дхимба дзе мабве»). От этого словосочетания и произошло название современной страны Зимбабве. Позже, однако, было доказано, что каменные строения относятся к средневековью.

Следствием этих публикаций явилась золотая лихорадка в центральной Африке, подобная Калифорнийской золотой лихорадке 1849 года. Она явилась предшественницей открытия крупнейшего золотого месторождения мира – Витватерсранда, о котором будет рассказано ниже.

Притягательная сила этой легенды была так велика, что когда на островах далекого Тихого океана было открыто золотое оруденение, эти острова назвали Соломоновыми! Старатели при этом следовали глубоко укоренившемуся поверью, что знаменитые имена богатых месторождений, данные новым участкам, привлекают фарт, удачу. Точно так же имя знаменитой южноафриканской алмазоносной трубки Кимберли было повторено в Австралии и в штате Арканзас, США.

Исключая такие экзотические потенциальные местоположения страны Офир, как острова Тихого Океана и Южная Америка, ключом к проблеме может быть приводимый в библейском тексте список привозимых оттуда грузов. Помимо золота, здесь фигурируют драгоценные камни, красное дерево, слоновая кость, обезьяны и павлины. Этот список позволяет с уверенностью исключить из рассмотрения как районы Средиземноморья, так и Аравийский полуостров и Эфиопию. Трудности транспортировки делают невероятным путешествия в районы Тихого океана и Латинской Америки. Исходя из этого, Баженов высказывает предположение, что «Офир» это символическое, или «составное» понятие. По его мнению, возможно, что золото приходило к Соломону из Аравии и Эфиопии, а драгоценные камни, красное дерево, обезьяны и павлины из других стран, в частности Индии, с Пиренейского полуострова или из Латинской Америки (что представляется совсем фантастичным).

В целом проблема положения страны Офир остается нерешенной. Однако, с учетом приведенных доводов о характере грузов, наиболее вероятным выглядит версия южноафриканского положения этой легендарной страны. Отрицание этого варианта решения, основанное на средневековом возрасте найденных Карлом Маухом построек, выглядит несерьезно. В конце концов, нет никаких указаний на связь этих построек с добычей золота. Важным

свидетельством в пользу этого решения является приведенное выше свидетельство арабского лоцмана Васко да Гамы.

В конечном итоге можно только изумляться целенаправленности и дальновидности использования золота царем Соломоном. Это золото сделало возможным строительство Иерусалима, который с тех пор на всех поворотах истории оставался символом еврейской государственности, и Первого Иерусалимского Храма – духовного центра и символа иудаизма.

Витватерсранд – месторождение, определившее судьбу Африки

В 1877 году появилась статья, автор и тема которой встревожили деловой мир и широкую публику. Автор – выдающийся австрийский геолог Э. Зюсс, признанный глава школы европейской геологии, известный серьезным анализом всей суммы знаний о Земле, накопленных к концу XIX столетия. Статья Э. Зюсса затрагивала вопрос, касавшийся всех – состояние экономики и финансов мира, которое ученый считал критическим вследствие резкого превышения роста потребления золота над темпом прироста его запасов. Наиболее устрашающе звучал прогноз о неизбежной катастрофе глобальной экономики и гибели европейской цивилизации в ближайшем будущем в связи с исчерпанием золоторудных месторождений планеты. Но апокалиптические предсказания на сей раз не оправдались: не прошло и 10 лет, как в Южной Африке было найдено золотое месторождение, содержащее половину мировых запасов металла. Имя этого месторождения – Витватерсранд.

Витватерсранд («хребет белых вод», африкаанс), или просто Ранд[3] в Южной Африке, который служит водоразделом между реками бассейнов Индийского и Атлантического океанов. Имя Витватерсранд используется также для обозначения мегаполиса Йоханнесбурга. В этой провинции действуют 149 рудников, на которых работает 190000 человек.

Витватерсранд известен геологам всего света, как крупнейшее в мире месторождение (точнее, группа месторождений) золота. В целом Ранд – структура длиной 100 км и прослеженная на глубину до 3.6 км; за время эксплуатации рудники Ранда поставили 40 % золота мира. Бывшее основным мировым производителем золота, начиная с 1886 года, месторождение в 1970 г. давало 79 % мировой добычи этого металла; сегодня его доля снизилась до 25 %. Колебания уровня добычи определялись не истощением запасов – запасы золота Витватерсранда и в настоящее время оцениваются в 40 тысяч тонн, – а перепадами рыночной ситуации.

Рис. 1.7.2. Ферма, где впервые в 1886 году было найдено золото Витватерсранда.

[3] Ранд *(африкаанс)* – риф, хребет

При огромных природных потенциях бывшего Советского Союза и способности социалистической экономики в случае необходимости сосредотачивать все средства на одном направлении, и при исключительном качестве геолого-геофизических исследований поиск «нашего советского Витватерсранда» был одной из важнейших задач, которую Государство ставило перед геологами. На обнаружение месторождений типа Витватерсранда были ориентированы разработки новосибирского геофизика, будущего академика В. С. Суркова, создавшего оперативный метод поисков золоторудных месторождений по радиоактивным аномалиям. Его работы привели, в частности, к открытию крупнейшего золотого Мурун-Тау. Открытием месторождений типа Витватерсранда бредил якутский геолог Борис Шпунт, убеждая якутский обком КПСС поставить работы в северо-западной Якутии, в бассейне притока Анабара – реки Уджа. Витватерсранда там не нашлось, но косвенным результатом работ явилась находка крупнейшего в мире месторождения редких металлов на массиве ультраосновных щелочных пород Томтор.

Легенды о присутствии золота в районе, ныне называемом Витватерсрандом, были широко распространены среди кочевых африканских племен. Но начало золотому буму положила в марте 1886 года находка обнажения золотоносных пород в центре Ранда австралийским золотоискателем Джорджем Харрисом. Он официально зарегистрировал свою заявку у местных властей. Теперь на этом месте установлен монумент в его честь. Харрис вскоре продал свой участок за 10 фунтов стерлингов, и правительство объявило район зоной свободного золотоискательства. Полагая, что бум продлится недолго, оно выделило небольшую площадь треугольной формы, чтобы накроить как можно больше участков для клеймения (поэтому улицы центральной части Йоханнесбурга так узки).

Началась классическая золотая лихорадка. Тысячи людей прибывали из всех стран мира. Вырос огромный лагерь золотоискателей. Он был назван Феррейра Кэмп – прямое указание на преобладание среди старателей португальцев. Позднее двое африканеров, Йоханнес Миллер и Йоханнес Риссик, назвали его в свою честь городом Йоханнесов – Йоханнесбургом. Под этим названием он и вошел в наши дни. Всего через 10 лет Йоханнесбург стал крупнейшим центром Южной Африки, далеко обогнав основанный за 200 лет до него Кейптаун. Сегодня население Йоханнесбурга насчитывает 7.5 миллионов, то есть треть современного Нью-Йорка. Он входит в число 35 крупнейших мегаполисов мира. В Северной Америке он стоял бы на четвертом месте после Нью-Йорка, Лос-Анджелеса и Чикаго.

Геология золоторудных месторождений Витватерсранда до сих пор вызывает много вопросов. Золотоносный комплекс представлен кварцевыми конгломератами архейского возраста (древнее 1800 миллионов лет). Среди обломков конгломератов присутствуют алмазы. Остается неясным, что привело к огромной концентрации металла: является ли Ранд древней россыпью, связанной с вулканогенным «зеленокаменным» поясом и преобразованной позднейшими процессами, или здесь действовала комбинация каких-то иных факторов. Общая форма Ранда, по-видимому, отражает форму замкнутого водоема, в котором происходило накопление толщ битуминозных сланцев, способных аккумулировать золото. Последующим этапом было замещение материала сланцев кремнекислотой, по всей видимости, связанной с процессами регионального метаморфизма. Золото ассоциируется с ураном. Эти процессы привели к частичному перераспределению золота. Тогда же, скорее всего, возникла и урановая минерализация *(Сидоров и Томсон, 2000)*.

Золотая лихорадка, сопровождавшая открытие Витватерсранда, практически совпала с другим решающим событием: открытием в той же Южной Африке самых крупных в мире алмазных месторождений. Золотой бум начался в 1886 году. Алмазы в Кимберли были открыты в 1870 году; в 1880 году была создана компания Де Бирс, а в 1888 году – Де Бирс консолидэйтед майнс, контролирующая рынок алмазов. Естественно, что совпадение двух

грандиозных открытий во времени и пространстве обусловило и теснейшую связь концентрации их добычи в немногих руках с борьбой за установление контроля над мировым рынком алмазов и золота. До настоящего времени большая часть средств, инвестируемых в добычу золота, получена на алмазных месторождениях. Говоря же об организации горнодобывающей промышленности в обеих отраслях, трудно не касаться дебрей корпорационной истории.

Разработка месторождений масштаба Витватерсранда, тем более в комбинации с алмазными месторождениями Южной Африки, сразу же сделала первоочередным вопрос о структуре, способной обеспечить не только эффективную их эксплуатацию, но и контроль над ценами на добываемое сырье. Создание такой структуры явилось результатом деятельности ряда замечательных людей. Сесил Джон Родс, Барни Барнато и Эрнест Оппенхаймер *(M. Hart, 2001)*. оказались в Африке в период ее раздела между европейскими державами после открытий Стэнли и Ливингстона. Они строили собственные судьбы и окружающий мир. Они были в самом прямом смысле слова колонизаторами, создавшими современный облик континента. Эти люди прекрасно понимали, что без активного вмешательства в политику не может быть достигнут и успех финансовый. В этом отношении они действовали в точности так же, как те, кто осваивал серебряные рудники Запада Америки и оловянные рудники Корнуолла.

Имя Сесила Джона Родса ассоциируется, в основном, с его деятельностью в политической сфере. Он с полным основанием считается империалистом-колонизатором. Куда менее известна его деятельность в области горнорудной промышленности, где он создал основы огромной компании, контролирующей и сегодня рынок драгоценных камней и золота.

17-летний Родс прибыл в Африку и начал работать на хлопковой ферме старшего брата. Через два месяца братья, подхваченные «алмазной лихорадкой», переехали в Кимберли и купили несколько небольших участков на ферме Де Бирс. Пока нанятые им горняки копали алмазоносную «синюю землю», Сесил, сидя на перевернутом бочонке, читал Марка Аврелия и «Энеиду» Виргилия. Но главным его занятием была сортировка и продажа алмазов.

В 1880 году, объединившись с братом и владельцем соседнего участка, он образовал компанию по добыче алмазов, названную Де Бирс по имени владельцев фермы, на земле которой шли разработки. Партнеры по Де Бирсу смогли заработать хорошие деньги, закупив в Англии насосы для откачки воды из карьеров и сдавая их в аренду владельцам мелких участков. В 1873 году Родс поступил в Оксфордский университет, который закончил в 1881 году. Параллельно Родс продолжал активную деятельность в Африке по консолидации алмазоносных участков в одних руках. Решающий успех был им достигнут, когда он совместно с Барни Барнато (о нем ниже), купил так называемую Французской компанию, владевшую алмазоносной трубкой Кимберли. Деньги для этой покупки (1.4 млн. фунтов стерлингов) предоставил взаймы Альфонс Ротшильд. Теперь Родс и Барнато создали новую организацию – Де Бирс консолидейтед майнс, которая в 1891 году уже контролировала 90 % добычи алмазов в мире. В то же время Родс обладал значительной частью акций компаний, добывающих золото Ранда. Не случайно именно Родс с его склонностью к масштабным решениям проблем впервые подошел к вопросам контроля мирового рынка драгоценных камней и металлов не только за счет концентрации производства и поглощения мелких производителей, но и со стороны регулирования спроса и цен.

Составив значительный капитал, обеспечивший ему свободу выбора деятельности, Родс отдаёт большую часть энергии и средств воплощению своих политических идеалов в Африке. В 1884 году он организовал присоединение к Капской колонии лежащего к северу от нее и западу от Трансвааля Бечуаналенда (ныне – Ботсвана). Он был выбран членом парламента Капской колонии, а в 1890 году при поддержке и буров и британцев – её премьером. В это время он выдвинул план распространения британской власти на Центральную Африку,

воссоединения всех англоязычных народов, и в итоге – создания возглавляемой Британией федерации, простирающейся от Капской колонии до Египта, с режимом самоуправления и равными правами для всех свободных (то есть белых) людей. Королева Виктория выдала ему хартию, позволявшую развивать новые территории по его усмотрению. Районы, на которые распространялось действие хартии, не имели определенных границ. Родс посылал группы колонистов к северу от реки Лимпопо. Здесь возникло новое независимое государство, позднее для удобства управления разделенное на две части, которые после смерти Родса в его честь были названы Северной и Южной Родезией.

Рис. 1.7.3. Сэр Джон Сесил Родс. Один из организаторов разработки Витватерсранда и создатель Центральной организации по продаже золота и алмазов (Central Selling Organization). Его именем были названы два государства в Африке.

Сегодня процветавшие государства, созданные Родсом и первоначально носившие его имя, исчезли с карты Африки и полностью разрушены борцами с колониализмом. Экстремисты требуют убрать его могилу в скалах Матополос, но о строителе новой Африки напоминают основанные им в этих странах города, построенные там дороги и рудники, пока еще не разрушенные современными дикарями. Зеленым памятником Сесилу Родсу называют заложенный им и оставленный в подарок народу прекрасный Национальный ботанический сад Кристенбош в центре Кейптауна – крупнейшее собрание флоры на континенте. По завещанию Родса все его огромные владения переданы государству; на его деньги основан университет Кейптауна с прославленной клиникой Хрутесир. Фонд Родса финансирует двухгодичное обучение в Оксфорде политических деятелей англоязычных стран. Между 1995 и 1999 годами эта стипендия была распространена на все страны Европейского сообщества. Основателем фонда предполагалось, что он будет способствовать созданию кадров колониальной администрации.

Барни (Барнетт Исаакс) работал с братом в цирке как жонглер и клоун. Номер объявлялся братом, который представлял себя и добавлял: «И Барни тоже» (Barney too). Так родилась фамилия Барнато, которую взяли себе братья. Крепко сложенный Барни, ростом почти 180 см блондин с голубыми глазами, был импульсивен, играл в карты на деньги, любил женщин, смаковал грязные анекдоты, легко ввязывался в драки. Бросив работу бармена паба в Лондоне, он, имея в кармане 30 фунтов стерлингов и 40 коробок дешевых сигар, в 1873 году прибыл в Южную Африку. Наняв за четыре фунта бура, он пешком пересек Великий бассейн Кару и два месяца спустя, в разорванной одежде, почернев от загара, объявился в Кимберли. Здесь он занялся продажей своих сигар, работал борцом в бродячем цирке и на вырученные деньги смог приодеться. Как и Родс, он начал скупать у горняков алмазы и алмазоносные участки. Барни проявил редкостное чутье и смелость – поверил знакомому минералогу, утверждавшему, что ниже «синей земли», образовавшейся при выветривании алмазоносных пород – кимберлитов, идет самая богатая алмазами, так называемая «желтая земля».

Отсюда следовал вывод, что за алмазами надо идти вглубь. И он нашел деньги, и пошел! Так родилось богатство, которое позволило Барни создать собственную Кимберли сентрал даймонд компани, владевшую большей частью трубки Кимберли. Новая компания стала опасным конкурентом Де Бирсу Родса. В 1888 году соперники объединились в «Де Бирс консолидэйтед майнс», в которой Барнато вместе с Родсом стали пожизненными директорами правления. Тем временем Барни продолжал прибирать к рукам компании, ведущие разработку золота Витватерсранда.

Рис. 1.7.4. Барни Барнато. Один из основателей алмазодобывающей компании Де Бирс консолидейтед майнс и компании, разрабатывавашей Витватерсранд.

Однако создать компанию, которая на современном уровне осуществляла бы разработку Витватерсранда и одновременно контролировала мировой рынок золота, смог другой человек. Эрнест Оппенхаймер был родом из хорошо известной еврейской семьи чешско-австрийских финансистов. Оберегая его от процветавшего в континентальной Европе антисемитизма, в 1896 году семья послала молодого человека в Лондон. Здесь он работал мелким клерком в компании дальнего родственника и сортировал естественные, необработанные алмазы. В 1902 году хозяин послал двадцатидвухлетнего Эрнеста в Кимберли, где его кузен Фриц Хиршхорн был директором Де Бирса. Здесь Оппенхаймер устанавливает деловой контакт с одним из «хозяев Ранда» – Джоэлем Солли. Это дало ему возможность начать создание структуры, контролирующей мировой рынок золота. Тогда же началось его непосредственное сотрудничество с Барни Барнато. Результатом этого союза стало создание в 1917 году Англо-Американской корпорации для эксплуатации золотоносного района Витватерсранда. Компания в 1929 году купила Де Бирс у наследников Сесила Родса. Успех корпорации был изначально гарантирован тем, что ее банкиром стал известный нью-йоркский финансист Джон Пирпойнт Морган. В период первой мировой войны Оппенхаймер развил бешеную деятельность по скупке алмазоносных районов немецкой Юго-Западной Африки (современная Намибия). Чтобы утвердить свой общественный статус, Оппенхаймер демонстративно вышел из иудаизма и принял англиканскую конфессию христианства («Париж стоит мессы»!). Вскоре он удостоился рыцарского звания и получил титул «сэра».

Держа под контролем золото Витватерсранда и большинство источников африканских алмазов, Оппенхаймер смог бросить вызов лондонскому алмазному синдикату; в противовес тому он создает так называемую Центральную организацию по сбыту драгоценных камней и золота. Обладая огромными ресурсами, новая компания могла осуществлять эффективный контроль мирового рынка драгоценных металлов, что и делала практически до конца двадцатого века.

Рис. 1.7.5. Сэр Эрнест Оппенхаймер. Создатель Центральной организации по сбыту алмазов и золота. С картины Т. Эпштейна, 1936 года

Нельзя не развести руками, глядя на практикуемые российским правительством систематические выбросы золота на мировой рынок, в надежде получить немедленный доход. Результат таких действий всегда один и тот же – дезорганизация рынка и резкое падение цены на золото, включая, естественно, оставшиеся золотые резервы самой России. Эта вполне дикарская логика проста: ну да, конечно, чтобы оперировать на мировом рынке каким-либо сырьем, нужны знания и связи. Но с золотом-то и алмазами что за нужда! Они-то всегда в цене. Тут мы и сами сообразим. Вот и соображают.

Близкие по времени открытия богатейших месторождений золота и алмазов в корне изменили лицо юга Африки. Прежде всего, они вызвали огромный поток новых пришельцев (уитлендеров) со всех континентов, которые резко изменили этнический баланс района. Природа буйной вновь прибывшей массы старателей мало соответствовала патриархальным устоям общества фермеров-протестантов бурских республик. На фоне этого противоречия даже предельно острые вопросы расового различия отошли на задний план. Существенную часть пришельцев составляли уже не белые, а «цветные» – выходцы из Индии[4].. Очень скоро чужаки-уитлендеры громко заявили о себе, потребовав права голоса в решении вопросов клеймения участков. Они становились активной группой, влияющей на политическое устройство страны. Так с освоением открытых месторождений в районе появилась третья сила, которой нельзя было пренебрегать. Впервые старательская вольница во весь голос потребовала к себе внимания в 1870 году. В ответ на решение правительства Трансвааля запретить клеймение золоторудных участков всем, кроме троих признанных правительством субъектов, горняки восстали и создали собственное государство – республику диггеров (копателей, землекопов), добытчиков алмазов. Президентом ее стал Стаффорд Паркер, в прошлом моряк, полицейский, золотоискатель.

Столкновением армии горняков с армией Трансвааля воспользовались британцы, проживавшие в Капской колонии и в колонии в Западном Гриквалленде с главным городом Кимберли. Некоторые горняки призывали выкинуть прочь британцев вслед за бурами, но Паркер убедил своих сограждан, что они «не могут выступать против своей королевы», поскольку большинство горняков были из Канады, Австралии, Новой Зеландии, то есть официально считались подданными Великобритании. В итоге флаг республики горняков был спущен навсегда.

Волнения уитлендеров послужили Родсу поводом для вмешательства британцев. С рейда отряда Джеймисона начался период англо-бурских войн, перекроивших политическую карту континента. Вторая англо-бурская война стала первой войной нового, двадцатого века. Героическое сопротивление буров, применявших партизанскую тактику, парализовало

[4] Среди индийской общины находился и будущий основатель новой Индии Махатма Ганди. Не здесь ли, в Южной Африке, прошли первую школу борьбы за независимость Индии деятели Индийского национального конгресса?

английскую армию. Несмотря на почти десятикратное численное преимущество (против 450-тысячной британской армии сражались вооруженные силы буров, не превышавшие 40 тысяч бойцов), войне не было видно конца. Чтобы сломить сопротивление буров, лишить их снабжения, главнокомандующий британской армией генерал Китченер начал применять тактику выжженной земли. Около 300 тысяч принадлежащих бурам ферм было сожжено. Их обитатели были согнаны в созданные впервые в истории концентрационные лагеря (это новшество тоже знаменовало новый век): 16 лагерей численностью 16 тысяч человек, для женщин и детей буров, и 66 трудовых лагерей (свыше 115 тысяч человек) для чернокожих африканцев – рабочей силы в рудниках. 31 мая 1902 года был заключен мир. Государства потомков голландских колонистов-буров, – Трансвааль и Свободное оранжевое государство, потеряли независимость. Они перешли под суверенитет Эдуарда VII. Но колониальное владычество Англии просуществовало недолго. В 1910 году разношерстные колонии южной Африки объединились в Южно-Африканский союз, независимый от Великобритании и просуществовавший до 1961 года, когда он был преобразован в Республику Южной Африки.

За драматизмом борьбы маленьких республик с мировой империей надо помнить, что войны эти известны как «геологические» – за контроль над Витватерсрандом и алмазными месторождениями. Великобритания, крупнейшая индустриальная и торговая держава мира, нуждалась в постоянном гарантированном притоке золота и драгоценных камней для поддержания стабильности своих финансов. В долгосрочном плане, возможно, самым значительным последствием открытия Витватерсранда и начала его промышленной эксплуатации было то, что оно означало конец племенного общества всего юга Африки. Тысячи горняков в забоях Витватерсранда составляли большинство рабочего населения страны. Более того, здесь нашли работу и многочисленные мигранты из соседних африканских стран. Присутствие в стране огромного горнодобывающего комплекса, от нормального функционирования которого зависело ее существование, постепенно изменило всю атмосферу. Относительная умеренность подхода к старым расовым проблемам в равной мере характеризовала и белое, и черное население страны. Здесь не вспыхнула партизанская война, как в соседней Намибии, не пошли «в разнос» и белые националисты, как в соседней Южной Родезии. Де Бирс, сотрудничая с президентом Табо Мбеки, финансирует ряд гуманитарных программ и распространяет свои акции среди чернокожего населения страны. Окончательный удар по старой Африке нанесло создание Центральной организации по сбыту, контролирующей добычу и поставку на рынок золота и алмазов. Поднимающаяся волна африканского национализма со всей очевидностью показала, что такую задачу можно осуществлять только в условиях политической стабильности. Созданная Эрнестом Оппенхаймером Центральная организация внимательно следит за ситуацией в странах Африки, способных повлиять на рынок алмазов и золота. При необходимости она активно вооруженной рукой вмешивалась в гражданские войны в Намибии, соседней Анголе, а позднее, в Сьерра Леоне. Так что можно без преувеличения сказать, что именно разработка Витватерсранда и создание международных корпораций, контролирующих рынок золота, определили деколонизацию Африки. Принятые ООН по советской инициативе демагогические резолюции о деколонизации лишь юридически оформили этот процесс.

Месторождения, оплатившие индустриализацию СССР

Рассматривая воздействие находки и освоения месторождений минерального сырья на исторический процесс, следует особо остановиться на том, как и чем была оплачена индустриализация СССР. Как сейчас общепризнано, рабочую силу индустриализации составили разоренные коллективизацией крестьяне, а строительство многочисленных крупных совре-

менных промышленных предприятий производилось по проектам иностранных инженеров и с использованием иностранного оборудования.

Мы кончали институт в начале 50-х годов XX века и в официальных курсах слова не слыхали о Колыме – ни о профессиональном подвиге Ю. А. Билибина, предсказавшего размеры ее золотоносности, ни о системе каторжных лагерей, давших золото, оплатившее все пятилетки. разве что слыхали (и пели сами) сложенную зеками народную песню о Колыме (что немало!). Значимость, которая придавалась этому проекту, наглядно иллюстрируется тем, что решение о его осуществлении было принято высшим политическим органом страны – Политбюро. Постановление «О Колыме» вышло 11 ноября 1931 года. Оно предписывало организовать на Колыме специальный трест по дорожному и промышленному строительству в районе верхней Колымы, Дальстрой, с непосредственным подчинением ЦК ВКП(б). Тресту была поручена разведка месторождений минерального сырья и добыча золота. 4 февраля в бухту Нагаево прибыл пароход с руководством треста во главе с бывшим первым заместителем Ф. Э. Дзержинского Э. П. Берзиным, вольнонаемными специалистами и стрелками военизированной охраны. На том же пароходе прибыла и первая партия заключенных (не менее 100 человек). Специально для доставки грузов в район строительства в Голландии были закуплены три парохода грузоподъемностью от 7000 до 8375 тонн. Тресту было поручено уже в 1931 году довести добычу золота до 2 тонн, в 1932 году до 10 тонн, в 1933 году до 25 тонн. Выполнив за первые два года все подготовительные работы, Дальстрой уже в 1934 году перешел к полномасштабной добыче металла.

Вся жизнь региона была сосредоточена в руках одной организации – Дальстрой, подчинявшейся Народному комиссариату внутренних дел (НКВД). Дальстрой формировался как огромный жестко централизованный индустриальный лагерь (промлаг), основу рабочей силы которого составляли заключенные Севвостлага ОГПУ-НКВД СССР. По уровню властных полномочий Дальстрой находился вне даже формального подчинения и контроля со стороны советской власти Якутской АССР и ДВК, а все решения о его деятельности принимались на уровне ЦК ВКП(б), СНК и СТО СССР, а позднее НКВД СССР, и были секретны.

Освоение месторождений бассейна Колымы могло быть осуществлено только при условии создания «входной базы освоения» – терминала-порта в бухте Нагаево и поселка (с 1940 года – города), впоследствии названного Магаданом. Этот-то поселок и стал столицей Дальстроя, который обеспечивал подвоз рабочей силы, материалов и снаряжения с «материка» и автомобильной трассы от этого порта к верховьям реки Колымы, где располагались ближайшие к порту россыпные месторождения. Недаром создание причальной линии строящегося порта длиной 50 метров значится как крупнейшее достижение строительства на ранних его этапах. Одновременно началось строительство автомобильной трассы от бухты Нагаево до предполагаемых районов добычи. В октябре 1933 года Колымская трасса была доведена до 182-го километра. Планы дорожного строительства на 1934 год предписывали обеспечить проезд автомобилей до верховьев реки Колымы, где находились основные разведанные запасы золота. Однако эти задания не были выполнены прежде всего из-за отсутствия дорожно-строительной техники, огромного объема земляных работ, выполнявшихся вручную. В 1933 году на строительстве Колымской трассы работало 11 тысяч человек, в 1934 году – 19 тысяч (40 % всех работников Дальстроя). В 1935 году был сдан в эксплуатацию участок трассы от Магадана до поселка Атка (208 км). В 1936 году в результате направления на строительство новых значительных этапов заключенных и резкого увеличения дневных норм выработки, трасса достигла поселка Дебин на реке Колыме (465 км), окончательно решив проблему снабжения Верхнеколымского приискового района. Всего за 4 года было проложено 600 км автомобильных дорог. Это позволило с 1936 года перенести основной упор работ на золотодобычу (рис. 1.7.6, 1.7.7).

Рис. 1.7.6. Карта Колымской трассы (помечена красным цветом).

Рис. 1.7.7. Вид Колымской трассы.

Прежде всего здесь разрабатывались только и исключительно богатые россыпные месторождения, Тем самым возвращались к эксплуатации того же типа золоторудных месторождений, который первым осваивался во времена неолита, поскольку не требовал крупных капитальных вложений (см. главу 1.8). Первое коренное месторождение золота (Утинское) начало разрабатываться лишь в 1939 году. Какая-либо механизация добычи практически отсутствовала. Первые драги начали применяться лишь в 1949 году и, возможно, главным фактором, способствовавшим снижению себестоимости металла, было использование практически дарового труда заключенных. Хотя говорилось о том, что существуют «пять металлов Дальстроя» (золото, олово, вольфрам, кобальт, уран), реально разработку минеральных месторождений Дальстроем можно назвать монометалльной. Она была практически полностью сосредоточена на добыче золота. Удельный вес Дальстроя в добыче золота в СССР составлял 46.2 %. Максимальный уровень добычи был достигнут в 1940 году, когда было добыто 80.028 тонн металла. Первое месторождение касситерита начало разрабатываться в 1937 году. Разведка месторождений с целью восполнения отработанных запасов практически не велась. Учитывая все это, можно согласиться с авторами уже цитированной работы о Дальстрое, называвших методы отработки хищническими *(Дальстрой…)*. Как ни ужасно, эта хищническая практика полностью возродилась сегодня. Ассигнования на разведочные работы резко сокращены как непродуктивные. Легко предсказать, к чему это приведет в перспективе.

В 1938 году поступление оловянного концентрата составило 357.3 тонны. В 1940 году было обнаружено уникальное Пыркакайское месторождение россыпного олова на территории Чаун-Чукотского РайГРУ. В результате в составе Дальстроя сложились три оловорудных района – Верхнеколымский, Чаунский и Чукотский. Урановый концентрат начал добываться

в Дальстрое с конца 1945 года. Но, учитывая низкое содержание урана, дальстроевские месторождения скорее можно было относить к классу рудопроявлений. Относительно высокие концентрации были фиксированы лишь на месторождении Бутугычаг. Урансодержащую руду Бутугычага доставляли в мешках в Магадан под усиленной охраной. В порту руду грузили на подводную лодку, которая через Татарский пролив шла во Владивосток, где стратегическое сырье перегружали в самолет и доставляли в Москву. Обрабатывалось сырье на спецзаводе в Подмосковье. Само перечисление этапов этого пути показывает полное отсутствие экономической оценки. Она была подменена своего рода детективным романом. Поэтому уже в начале 1950-х годов было принято решение о том, что все эти месторождения надо законсервировать. Увы, подобный подход сохраняется и поныне. Особенно когда говорят об огромных выгодах, которые принесет разработка месторождений лонсдейлита (гексагональная разновидность алмаза, обладающая особой твердостью) Попигайской котловины… При этом как-то опускается необходимость транспортировки алмазосодержащих пород к центрам, где отходом существующего промышленного производства является серная кислота (к примеру, в Казахстан или Норильск, то есть на расстояние в большие сотни или первые тысячи километров), не говоря уже о сложностях производства металлорежущего инструмента с использованием мелких (доли миллиметров) зерен.

Второй валютный металл – серебро

Второй по значимости валютный металл – серебро, известен почти столько же времени, как золото. Первые сведения о нем восходят к 4000 до н. э. Существенная по масштабам добыча серебра относится к 3000 году до н. э. В рудниках Анатолии (современная Турция) найден шлак, полученный при переплавке свинцовых руд, из которых и получали серебро.

В V веке до н. э. – I веке н. э. серебро активно добывалось в рудниках Лавриона в Аттике. Об истории этих рудников рассказано в отдельном очерке, помещенном ниже. В XVI–XVII веках главным источником серебра становятся многочисленные месторождения Латинской Америки, такие как Пачуко, Гуанохато, Сакатексас в Мексике, Серро Потоси и Серро да Паско в Перу, Потоси в Боливии. Они составляли часть великого серебряного пояса Северной и Южной Америки протяженностью более 4000 километров *(Petrica)*. Говоря о богатствах Испании, которые хлынули туда после открытия Америки, обычно употребляют выражение «золото Колумба». Реально же именно продукция серебряных рудников Мексики и Перу составляла груз галеонов, идущих в метрополию.

Рис. 1.7.8. Испанская каравелла Сан Томе, затонувшая у берегов Западной Африки. Такие каравеллы везли в Новый Свет прибыли первооткрыватели и конкистадоры

Тщетно испанцы искали в Новом Свете богатые золотые месторождения. Они их не находили. Позднее выяснилось, что их попросту не было. Все золото, поступившее в Европу из Америк, было накоплено туземными правителями в Мексике и Перу за счет многолетнего ограбления своих поданных.

Рис. 1.7.9. Галеон. Эти суда использовались для перевозки грузов, предназначавшихся для Нового Света. Караваны галеонов везли серебро Америк в Испанию. Они же составляли основу Великой Армады. С гравюры А. Дюрера.

Это было большое богатство, но это было не то, что искали испанцы. Зато раз за разом они находили на новом континенте большие месторождения серебра. Так постепенно формировалось представление о существовании огромного пояса серебряных месторождений, протяженностью несколько тысяч километров, пролегшего от Огненной Земли на юге до Аляски на севере. Представления эти окончательно закрепились после открытия в XIX веке серии богатых серебряных месторождений в Скалистых Горах США на территории западных штатов США – Колорадо, Невады, Юты, Айдахо. Среди них было и гигантское месторождение Комсток в Неваде, история которого описывается ниже. Недаром этот район получил название Сильверадо (страна серебра). Существование этого пояса серебряных месторождений стало характерной чертой мировой металлогении, особенно же металлогении Американского континента.

Сегодня основными поставщиками серебра являются Канада, Мексика, Чили.

Серебро химически значительно более активно, чем золото и, соответственно, реже встречается в природе в самородной форме. Главные минералы серебра – аргентит (серебро-сера), прустит (серебро-мышьяк-сурьма), пираргирит (серебро-сурьма-сера), фрайбергит (медь-серебро-сера) и серебросодержащий сульфид свинца (галенит). Тем не менее, известны находки очень крупных самородков чистого серебра. В 1477 году на руднике св. Георгия на месторождении Шнееберг в Рудных горах Саксонии был найден самородок серебра размером 1×1×2.2 метров, весящий 20 тонн. Прежде, чем он был извлечен, на нем устроили торжественный обед, после чего он был разрезан на части и поднят на поверхность. В 1666 году на месторождении Конгсберг в Норвегии был найден самородок весом

254 кг. Сегодня он демонстрируется в одном из музеев Копенгагена. В здании Канадского парламента помещается самородок весом 612 кг, найденный на месторождении Кобальт. На том же месторождении была найдена пластина самородного серебра длиной около 30 метров и весом около 20 тонн, названная «серебряным тротуаром». Серебро ассоциируется в основном с комплексными месторождениями, на которые приходится 75 % разведанных запасов. В основном это месторождения свинца, цинка, меди и золота *(Кузнецов, Панфилов, 1974, Petrica)*

Серебро обычно используется в сплавах с другими металлами. Термином «чистое серебро» (стерлинг) обозначается сплав серебра с медью, содержащий 92.5 % серебра *(Кузнецов, Панфилов, 1974)*.

К золоту и серебру позднее присоединился третий валютный металл – платина, история месторождений которого рассматривается ниже в отдельном очерке. К «валютным металлам» примыкают и алмазы ювелирного качества, используемые как мерило ценности мировых валют, но о них будет рассказано ниже в этой главе.

Сегодня, когда рыночная цена на серебро колеблется от $5.50 до $20.92 за унцию, можно вспомнить, что в 1979 году два техасских нефтепромышленника, братья Хант, пытались манипулировать ценами на серебро (как это называется, загнать рынок в угол). В результате цены подскочили с $11 за унцию в сентябре 1979 года до $50 за унцию в январе 1980 года. Но через два месяца цены рухнули до прежних $11 за унцию. Большая часть падения пришлась на один день, получивший название «серебряного четверга».

В течение долгого времени серебро почти исключительно употреблялось в ювелирном деле и в изготовлении монет. Золото служило, главным образом, как металл, обеспечивающий ценность валют. Из серебра изготовлялись драхмы древних Афин, рейхсталеры Германской империи (давшие название доллару), русские рубли и доллары США. Термин «фунт стерлингов» ясно указывает, из какого металла делались английские фунты.

Сегодня серебро широко применяется в передовой технологии. Примерно треть его мирового производства используется в фотографии, оно широко применяется в электротехнике, электронике, химии и медицине.

Лаврион – месторождение, создавшее афинскую демократию и принесшее победу в греко-персидских войнах

Город и порт Лаврион расположен в 52 км от Афин, в префектуре Аттика, близ мыса Сунион. Сунион – одно из самых прекрасных мест Греции, истинный символ этой страны. Здесь стоит лишенный стен остов храма Посейдона. Сквозь проемы между чуть желтоватыми мраморными колоннами просвечивает вечно голубое небо Эллады, а за храмом – крутой обрыв к Эгейскому морю. С него бросился в море отец Тезея, увидев суда, возвращавшиеся с Крита под черными парусами – условный знак: весть о гибели его сына. Мраморные колонны высечены прямо близ храма на этом месте.

Рис. 1.7.10. Карта показывающая положение рудников Лавриона.

Сегодня весь район мыса является национальным парком. Символическая значимость этого места подчеркивается тем, что именно здесь располагались знаменитые серебряные рудники Лавриона. Серебро этого месторождения обеспечило победу греков в греко-персидских войнах, способствовало созданию афинской демократии и оплатило все стройки великолепных зданий древних Афин.

Рис. 1.7.11. Храм Посейдона на мысе Сунион близ Лаврионских рудников.

Район Лавриона – один из древнейших горнодобывающих центров Европы. Систематическая добыча руды началась 3200 лет до н. э. Руды постоянно использовались до конца архаического периода в VI столетии до н. э. В период бронзового века (2800–1100 лет до н. э.) рудники Лавриона на протяжении долгого времени снабжали Цикладскую, Минойскую, Микенскую культуры Эгейского района серебром, свинцом и медью. Роль рудников резко возросла после того, как в 482–483 годах до н. э. в Маронее (сегодня Камариза) близ Лавриона была найдена третья, особо богатая серебром жила *(Кузнецов, Панфилов, 1974)*.

Рис. 1.7.12. Остатки знаменитых Лаврионских рудников.

Главной проблемой, стоявшей в конце V века до н. э. перед греческими полисами, была война с персами. Архонт (верховный правитель) Афин Фемистокл хорошо понимал, что сводная армия греков не в силах победить персов на суше. Поэтому он настаивал на том, что Афины должны построить мощный флот, оплатив его серебром лаврионских рудников. До того у афинян был обычай делить между собой доходы от серебряных копей на Лаврии *(Плутарх, Фемистокл, 4)*. Решающим шагом, изменившим судьбу Афин, было предложение Фемистокла прекратить ежегодные раздачи лаврионского серебра гражданам (по 3 драхмы на человека ежегодно) и направить деньги на постройку кораблей. Чтобы выступить с таким предложением в народном собрании и провести его в жизнь, надо было воистину проявить незаурядную политическую дальновидность и смелость государственного деятеля. Серебро, добытое в Лаврионе, позволило построить 200 трирем. Оно позволило перенести борьбу с персами с суши на море. Оно же и впрямую определило победу при Саламине (480 год до н. э.), поскольку афиняне, благодаря нему, смогли нанять запасных гребцов. Это обеспечило маневренность греческих судов и принесло афинянам победу в этой решающей битве.

Роль Фемистокла в победе над персами была безоговорочно признана. Крайне интересен приводимый Плутархом рассказ о том, как греческие военачальники после конца войны с персами голосовали по вопросу, кто был самый выдающийся полководец Греции.

Каждый из участников голосования первым назвал себя, но вторым все единогласно назвали Фемистокла.

Рис. 1.7.13. Бюст Фемистокла.

До V века до н. э. главной гаванью Афин был залив Фалеро. Фемистокл первым понял значение Пирейской гавани. По выражению Аристофана, Фемистокл привязал Афины к морю, основав порт Пирей и начав строительство «длинных стен» вдоль дороги от Афин к порту. Строительство стен было закончено при Перикле. Серебро Лавриона обеспечило восстановление сожженных персами Афин.

После окончания войны гребцы, принадлежавшие к низшему сословию свободных афинян (феты), *с*могли играть большую роль в политике, поскольку именно они составляли команды кораблей. Благодаря этому усилилось влияние демоса, так как сила перешла в руки гребцов, келевстов (начальники корабельных гребцов) и рулевых *(Плутарх, Фемистокл, XIX)*. Они и образовали основу афинской демократии.

Рис. 1.7.14. Тетрадрахмы[5] *из Лаврионского серебра (Лаврийская сова).*

Влияние серебра лаврионских рудников оказалось много глубже победы над персами. Афины чеканили из лаврионского серебра монеты – тетрадрахмы с изображением головы совы (знаменитая «Лаврийская сова»). Город осуществлял строгий контроль над чистотой серебра, производимого в Лаврионе. Чистота металла и постоянство веса монет привели к широкой циркуляции афинских денег и их высокой покупательной способности. Таким образом, именно с Лаврионскими рудниками связано возникновение одного из древнейших центров монетного обмена.

Насколько важна была поставка серебра для самого существования Афин, можно судить по тому, что победа Спарты во время длившейся 30 лет Пелопонесской войны была обеспечена после того, как в 413 году до н. э. спартанцы не отошли на зиму в Пелопоннес, а стали лагерем между Афинами и Лаврионом. Тем самым они перерезали главную кровеносную артерию Афин, прервали поставку в город серебра и вызвали хронический недостаток серебра для чеканки денег *(City of Lavrion)*.

Месторождение является частью обширной рудной провинции, протянувшейся на 120 км от Декалейо до мыса Союнион. Столь большая протяженность отчетливо свидетельствует, что речь идет не об одном месторождении, а о рудной провинции.

О том же свидетельствует и разнообразие геометрических и генетических типов рудных тел и руд. Среди них присутствуют пластовые тела, образованные в процессе замещения вмещающих пород (так называемые «мантос»). Они обычно приурочены к верхним и нижним мраморам базального горизонта, сланцам Кезериани и располагаются вдоль главных разделяющих разломов.

[5] Тетрадрахма – древнегреческая серебряная монета в 4 драхмы Драхма – в переводе с древнегреческого «Горсть, схваченная рукой».

Рудные тела, образовавшиеся в процессе замещения вмещающих пород, переходят в жилы и трубообразные тела, в которых минерализация формировалась в ходе кристаллизации в свободном пространстве. С такими жилами связан порфировый тип минерализации. Отмечаются брекчиевые тела, образование которых прямо связано с процессами дробления, скарны, образующиеся при молекулярном диффузионном обмене в ходе контактового взаимодействия карбонатных осадочных пород и силикатных магматических тел обычно гранитоидного состава. В районах отсутствия скарнов тела, образованные при замещении карбонатных пород, и жилы обогащены Mo, W, Pb, Zn, Cu, As, Sb *(Skarpelis., 2007)*.

Полоса оруденения совпадает с системой субвертикальных даек (трещинных тел, заполненных магматической породой) широтного направления. Дайки сложены серией пород от кварц-сиенитов до гранодиоритов и гранит порфиров. Они, как правило, не деформированы, но в различной степени изменены. Выдержанная субширотная ориентировка отражает главное направление поля регионального растяжения в субмеридиональном направлении. Дайки имеют миоценовый возраст. Калий-аргоновая датировка полевому шпату из них дает абсолютный возраст 9.4±0.3 миллиона лет. *(Bonsall, Spry, Voudouris, Seymour, Tombros, and Melfos, 2007)*. Предполагается, что оруденение связано с находящимся на глубине массивом гранитоидной магмы.

При всем этом многообразии отмечается единство геохимической специализации месторождений. Обычна ассоциация таких элементов, как Ag, Bi, Cu, Pb, As, Sb. Главные рудные минералы – пирит, халькопирит, галенит, сфалерит, герсдорфит (сульфоарсенид никеля NiAsS), марказит. Существенную роль играют сульфосоли – теннантит (медный арсенид-сульфид) и тетраэдрит (медный антимонид-сульфид). Карбонаты в срастании с ранними сульфидами и сульфосолями широко распространены на поздних стадиях в парагенезисе с флюоритом и баритом *(Skrapelis, Tsirouros and Pe-Piper, 2008)*.

Обычная минералогическая ассоциация герсдорфит – висмутин – самородное серебро и золотосодержащий самородный висмут свидетельствует о присутствии в гидротермальной системе компонентов, непосредственно связанных с магматической активностью.

Изучение жидкостно-газовых включений в гидротермальных минералах показало, что растворы имели температуру 132° – 365 °C, характеризовались низким содержанием CO_2 и умеренной соленостью (1 – 20 % в NaCl эквиваленте) *(Voudoris., Molfas, Bonsalls, Tarkian, Econoumon-Elliopoulos, 2008)*. Эвтектические температуры жидких включений -55 °C. Минералами-концентраторами серебра являются сульфид свинца – галенит и смесь медистых сульфосолей теннантита и тетраэдрита – так называемый фалорит (*fahlore*) *(Skarpelis, 2007)*.

Понятно, что серебро надо было выделить из минералов-концентраторов, а вначале вообще определить его присутствие в достаточно значительных количествах. Если галенит имеет яркий металлический блеск, то фалорит представляет собой землистую массу серого цвета. То есть на рудниках должен был быть налажен постоянно действующий металлургический процесс, завершающийся чеканкой монеты.

Рис. 1.7.15. Добыча серебряных руд на рудниках Лавриона – примерно V век до н. э. С рисунка на афинской вазе.

В период максимума добычи на рудниках в разное время работало от 10 000 до 20 000 человек. Все – рабы, в основном из военнопленных. Работы велись 24 часа в сутки семь дней в неделю. Рабочий день длился 10 часов в сутки. Общее количество рудников в V веке до н. э. достигало 2000 *(The silver mines of Lavrion)*.

Рудники давали серебро до конца 5-го века до н. э. Но к концу этого столетия объем добычи резко упал. Рудники продолжали работать, но Страбон[6] писал, что в его время в основном перерабатывались хвосты старых разработок. А Павзаний[7] говорит о рудниках, как об ушедших в прошлое.

Разработка месторождений возродилась в середине XIX века, после того, как Греция завоевала независимость. В 1865 году вступила в строй Аттическая железная дорога. После этого Лаврион становится одним из важнейших портов Греции. Из руд Лавриона производят серебро, содержащее значительные примеси свинца, марганца и кадмия, а также железо и железомарганцовистые концентраты. Работы велись греческой компанией Metal Works company of Laurio, которая была активна в этом районе с 1873 по 1917 год, и французской Compagnie Francaise des mines du Lavrion с 1875 по 1982 год. Компании в значительной мере перерабатывали старые хвосты, заново открывали старые выработки.

После второй мировой войны горные разработки пришли в упадок, и в 1970 г. рудники были закрыты, хотя металлургическая переработка руд и хвостов продолжалась, пока не была полностью прекращена в 1990 г.

Мастерская и кладовая Европы – Гарц и Рудные Горы (Саксония и Чехия)

Свинцово-серебряно-цинково-медные месторождения в горах Гарца в Нижней Саксонии (Германия) являются частью рудной провинции, охватывающей сам Гарц и Рудные горы в Саксонии и Богемии (современная Чехия). Жилы этой провинции отличаются комплексным составом руд, включающих, помимо перечисленных элементов, висмут, олово, кобальт и уран, и высоким содержанием металлов. Учитывая присутствие многочисленных металлов, связанных с этими рудами, наши преподаватели называли их «месторождениями пятиэлементной формации». Отличительная особенность руд провинции – богатство их минералогии: не случайно здесь родилась минералогия как наука. В жилах этой провинции

[6] Страбон – древний географ, 64/63 год до н. э. – 23/24 годы н. э.

[7] Павсаний – древний географ, вторая половина II века н. э.

встречаются очень красивые минеральные агрегаты; найденные здесь удивительные друзы украшают многие музеи мира. Несмотря на высокий спрос у коллекционеров на такие уникальные по красоте образцы, они сохранились до середины нашего века. Во всяком случае, учившийся в нашей группе в Горном институте уроженец Фрайбурга Карл Файрер привозил в дар на кафедру минералогии поразительные по красоте друзы, вызывавшие всеобщее восхищение.

Провинция расположена в самом сердце Европы, что создавало особо выгодные условия разработки руд, как в отношении инфраструктуры, так и наличия самой квалифицированной рабочей силы, включая лучших в Европе горняков и металлургов. Древнейшие разработки рудных месторождений в Гарце относятся к третьему веку до нашей эры. Однако современная их история берет начало с момента открытия богатых жил в районе нынешнего города Раммельсберга. Согласно легенде, месторождение свинцово-медно-серебряных руд было обнаружено благодаря апокрифическому коню Рамелусу, который в 938 году копытом взрыл выход богатой серебром жилы. Город Раммельсберг играл большую роль в финансировании Ганзейской лиги. В 1552 году он вошел в состав герцогства Бранденбургского, а с 1866 года стал частью Пруссии.

В 200 милях к юго-востоку от Раммельсберга, в Рудных горах Богемии, в 1170 году было найдено другое большое месторождение – Иоахимсталь (современный чешский город Яхимов, в 15 километрах от Карловых Вар). Практически в то же время начался «серебряный бум» в Рудных горах Саксонии. Уже с 1168 года сюда прибывали первые переселенцы с Майна во Франконии. Серебро начали добывать в деревне Христиансдорф, позднее ставшей Фрайбергом. Сюда приезжали переселенцы из относительно старого горнорудного района у Гослара *(Гарц)*. Серебряные талеры, чеканившиеся из добытого серебра, широко циркулировали, и именно они впоследствии дали название американскому доллару. Кроме серебра, здесь же добывали свинец, цинк, олово, кобальт, а позднее – уран. И название всего горного массива подходящее: Рудные горы. Просто и ясно.

Но это в прошлом. Те, кто сегодня посещают центральную часть Рудных гор в районе Аннаберга в Саксонии, видят здесь остатки десятков шахт. Рассказывают, что и ныне из подвалов некоторых домов можно спуститься вниз, в штольни. Хотя в городе Аннаберг и сейчас более 26 тысяч жителей, сейчас это только туристский центр.

На каждом этапе эксплуатации отработка жил велась в основном на один металл. Остальная часть руды шла в отвалы. На каждом следующем этапе разработки уже отвалы представляли руду, богатую ранее отброшенными компонентами. Города мастеров, расположенные близ монастыря, где жил легендарный изобретатель пороха – монах Шварц, обеспечили переход к новым методам разработки. С 1627 года в Раммельсберге впервые в мире при проходке горных выработок начинают применяться взрывные работы. Мастера стали отливать из местной руды колокола и бронзовые пушки, благо здесь же, в Богемии и Саксонии, располагались довольно крупные месторождения жильного касситерита – руды для получения второй составляющей бронзы – олова. Именно отлитые здесь пушки обеспечили победу англичан над войском французских рыцарей в 1346 году при Кресси в 100-летнюю войну. Добыча руды и производство металла из месторождений Рудных гор финансировались известным банкирским семейством Фуггеров. При этом огромные доходы частично шли на поддержку австрийского дома Габсбургов.

Рудные тела имели форму жил, и поэтому их разработка должна была вестись практически вертикальными шахтами, глубина которых постоянно нарастала. Соответственно, технически усложнялся процесс добычи руды, в первую очередь в связи с нарастающим с глубиной притоком воды. Поэтому именно разработки рудных месторождений Германии, как и в Корнуолле, явились катализатором технического развития Европы. В итоге они потребо-

вали создания мощных работающих на паровых машинах насосов, с появлением которых началась промышленная революция.

Но начальные этапы развития горного дела связаны с именем Георга Бауэра, известного под латинским псевдонимом Агрикола. В эпоху, когда любые описания геологии и минералогии и тем более техники горного дела и металлургии были секретом гильдий и тщательно охранялись, книги Агриколы были основным источником знаний по этим предметам. Он родился в Глаухау в Саксонии в 1494 году, в 1517 году окончил Лейпцигский университет и стал врачом, что дало ему знание химии. В 1518–1522 годы он преподает латынь и древнегреческий в городской школе Цвиккау. В 1523 году Бауэр уезжает в Италию, где занимается естественными науками, философией и медициной. Позже, работая в Иоахимстале, он увлекся металлургией и горным делом. С 1531 года он жил в Хемнице, где в 1536 году стал городским врачом, а в 1546 году – бургомистром. Здесь он и умер в 1555 году.

В 36 лет Агрикола написал свою первую книгу о горном деле и минералах. Книга написана на латыни, то есть обращена ко всем образованным людям Европы. Значение этой работы подчеркивается предисловием, написанным другом Георга – признанным лидером гуманистов Европы того времени Эразмом Роттердамским. Агрикола – автор более 10 книг, в том числе «О природе ископаемых». Историки науки по праву считают, что из этой монографии выросла современная минералогия. Пожалуй, самым известным сочинением было «Двенадцать книг о металлах», которое сопровождалось 275 гравюрами. Она вышла из печати уже после смерти автора, в 1556 году. Написанные простым и ясным языком, содержащие поистине гигантский теоретический и практический материал, книги Агриколы пользовались огромной популярностью на протяжении более двухсот лет.

Неожиданно наиболее живучим оказалось открытие им окраски пламени различными цветами в зависимости от нагреваемого металла. Метод определения состава минералов с использованием паяльной трубки был жив еще в начале 50-х годов XX века, когда нас, студентов геологического факультета Ленинградского горного института, обучали им пользоваться.

В 1756 году во Фрайберге была основана Горная академия. Она создала свою школу горных мастеров и минералогов. С этой Академией связаны имена Эйбрахама Вернера, Александра Гумбольдта и многих других выдающихся ученых.

В XVIII веке, когда при Петре Первом и его наследниках (особенно Екатерине II) в Россию массами приглашали немецких специалистов по горному делу и металлургии, именно специалисты, прошедшие школу работы на месторождениях Гарца и Рудных гор, составили основу технических кадров, работавших на шахтах и заводах Урала. Неудивительно, что вся российская горнотехническая (и геолого-петрографическая) терминология базируется на терминологии немецкой школы.

Последняя глава истории месторождений Гарца и Рудных гор Саксонии связана с содержавшимся в них другим элементом – ураном, до тех пор шедшим в отвалы. Именно с надеждой использовать эти руды как источник сырья для атомного оружия связывал свои планы Гитлер. После падения гитлеровской Германии оборудование всех технически передовых предприятий было демонтировано и вывезено в СССР, в счет репараций. Поскольку урановые рудники вывезти было невозможно, они были переданы Государственному Управлению советским имуществом за границей (ГУСИМЗ).

По всей вероятности, радиоактивное сырье, добываемое на этих рудниках, по крайней мере, на первых порах, пока в СССР не была создана собственная сырьевая база производства радиоактивных элементов, служило основой для советского ядерного оружия. Одновременно на этих рудниках проходили стажировку советские геофизики, специалисты по радиоактивному сырью, составившие основу отечественных кадров соответствующего профиля, по крайней мере, двух организаций – Всесоюзного геологического института Мини-

стерства геологии СССР в Ленинграде (ВСЕГЕИ) и Геохимического института Академии наук СССР (ГЕОХИ) в Москве.

После ухода советских оккупационных войск в Германской Демократической Республике разработка месторождений Гарца и Рудных гор Саксонии была сосредоточена в государственной компании «Кобальт». По стечению обстоятельств, главным геологом «Кобальта» на протяжении шестидесятых и семидесятых годов был Карл Файрер, попавший в самом конце второй мировой войны в советский плен, а в пятидесятых учившийся вместе с нами в Ленинградском горном институте.

Процессы, с которыми было связано образование описанного рудного комплекса, принесли людям еще один прекрасный дар. Горячие воды, из которых осаждались металлы рудных жил, «осветлили» вмещающие жилы породы, образовав чистую светлую глину – каолин. Каолиновое месторождение под Саксонским городом Майссеном сделало возможным впервые в Европе наладить производство фарфора.

Тысячелетняя история разработки месторождений Гарца и Рудных гор Саксонии сыграла настолько значительную роль в развитии науки и техники, что в декабре 1993 года ЮНЕСКО объявила Раммельсбергский рудник и средневековый город Гослар памятником культурного наследия человечества. Рудник стал музеем, которому 14 июля 1989 года металлургическая компания «Прессаг» передала все права собственности на свое предприятие.

Комсток – серебряный гигант, месторождение легенд

Крупнейшее в мире месторождение серебра, известное как Комсток Лод, расположено в 24 километрах к юго-востоку от города Рино (Невада).

Слово Лод (*lode* – дословно, коренное месторождение), постоянно употребляемое вместе с названием месторождения, очень значительно. Оно означает, что поисковая лихорадка, с которой связано открытие месторождения, в противоположность большинству других лихорадок, не связана с россыпью. Коренной характер месторождения сразу подразумевает, что для разработки его недостаточно одной мускульной силы и упорства в работе. Нужны большие вложения, обеспечивающие добычу и переработку руды и, как правило, еще и создание соответствующей инфраструктуры.

История Комсток Лод теснейшим образом связана с калифорнийской золотой лихорадкой. Оно было найдено из-за непредвиденной остановки по пути в Калифорнию. Когда на Комстоке что-либо случалось, горняки пытались прорваться через перевалы Сьерры, чтобы пройти в солнечный штат. Поиски велись, исходя из калифорнийского опыта, где было золото, и только золото, но не серебро. Поэтому находка серебра здесь, на Комсток Лод, была полной неожиданностью. Наконец, в течение 1865–1875 годов месторождение почти полностью перешло под контроль сан-францисского банка (Bank of California). Оттуда, из Сан-Франциско, приходили самые опытные золотоискатели. Оттуда приглашали решать технические проблемы разработки месторождений опытных инженеров, таких, как Херман Шлуссер, проектировавший систему водоснабжения Сан-Франциско, а позже – водоводы и дренажную систему района Комстока.

Рис. 1.7.16. Каррамба! Каррахо! Сакраменто! Санта Мариа! Диаволо! Трудный путь каравана мулов в Калифорнию.

В 1850 году группа мормонов из Юты на пути в Калифорнию была остановлена снегами и, чтобы переждать погоду, основала лагерь на Карсон Ривер близ города Дейтон. Поселенцы, естественно, стали промывать отложения окрестных рек. Так был открыт Голд Кэньон. Источником золота явилась серия золотоносных жил близ места, где сейчас располагаются Силвер сити и Голд Хилл. Работавшие в каньоне горняки основали на плато город Джеймстаун. В 1857 году проспекторы Джеймстауна нашли золото в соседнем каньоне Шестой мили, примерно в 8 км от Голд кэньон. Оба этих каньона сейчас являются частью того, что называется Комсток Лод. Размеры зоны свидетельствуют, что здесь говорят не о единичном рудном теле, а о том, что называется рудным полем, образованным серией рудных тел, положение которых контролируется единой структурой *(Comstock Lode)*.

Считается, что первые клеймы на Комсток Лод были сделаны братьями Этан Аллен и Хозеа Балу Грош, опытными минералогами и ветеранами калифорнийской золотой лихорадки. После того, как один из братьев получил заражение крови, второй двинулся в Калифорнию, оставив свою хижину с образцами и документами на попечение пастуха Хенри Т. П. Комстока по прозвищу «Старая оладья». Когда второй брат тоже погиб по пути в Калифорнию, Комсток заявил, что клеймы братьев Грош принадлежат ему. Узнав о том, что на Голд Хилл найдена голубоватая земля (серебряная руда), Комсток начал клеймить окружающие участки.

В 1859 году два горняка, Пат Маклафлин и Питер О'Райли, в верховьях каньона шестой мили нашли рудный участок. Хенри Комсток, угрожая оружием, тут же заявил, что участок находится на территории его клейма. Горняки поверили ему и назвали рудное тело его именем – Комсток. Прослеживая золото вверх по каньону, другой проспектор, Джеймс Феннимор, прозванный Олд Вирджинни (примерный перевод – старый вирджинец) по названию штата, откуда он был родом, основал у подножья горы Дэвидсон палаточный городок, который был по его прозвищу назван Вирджинни таун (городок Вирджинни). Последующий бум превратил этот лагерь в существующий по сей день город Вирджиниа Сити – крупнейший город между Денвером и Сан-Франциско *(Rowland M., 2008)*. В 1860 году четыре ирландца, Уильям О'Брайан и Джеймс Флад, Джон Вильям Макей и Джеймс Грем Фейр использовали деньги, полученные от содержания салуна и брокерской деятельности, чтобы задешево скупить принадлежавшие Комстоку участки. Они прибыли в Штаты в период великого голода в Ирландии. Они нашли инвесторов, обеспечивших им возможность купить компанию *Вирджиниа консолидейтед майнс*, владевшую правами на разработку на значительном участке. После почти десяти лет упорных поисков они в мае 1873 года на глубине более 400 метров от поверхности натолкнулись на большое гнездо сверхбогатой серебряной руды, давшую более $100 000 000. Такие сверхбогатые гнезда или участки жил называются бонанзами.

Рис. 1.7.17. Руда бонанзы.

Уплаченная цена была низка, поскольку считалось, что клеймы расположены в тупиковой зоне на простирании Комстока Лод. Узнав, что на его землю кто-то претендует, «как на пастбище», Комсток угрозами добился того, что он и его партнер Эммануэль Пенрод получили долю в этом клейме. Так, собственно, имя Комстока и перешло на всю рудную зону.

С момента находки бонанзы в 1873 г. добыча руды приобрела массовый характер. С 1859 по 1882 год, по официальным данным, стоимость извлеченного металла составила $305 779 612. Всего Комсток Лод давал более половины серебра, производимого в США. Пик продукции пришелся на 1877 год, когда было добыто руды, содержащей золота, на 14 миллионов долларов и серебра на 21 миллион долларов, соответственно, около 270 миллионов и 400 миллионов долларов в ценах 2007 года. После этого продукция резко упала, и к 1880 году практически прекратилась вообще. К этому времени считалось, что Комсток Лод полностью отработан. Самая глубокая выработка в 1884 году достигла глубины 1007 метров. Подземная разработка с перерывами продолжалась до 1922 года, когда были остановлены последние насосы, что вызвало затопление шахт. Переработка хвостов продолжалась в течение всех 20-х годов, а поисковые работы в районе велись вплоть до конца 50-х годов XX века.

Рис. 1.7.18. Горняки Комстока (1880 год). Надпись на оригинале «Работать значит молиться». Имелось в виду, молиться о том, чтобы уцелеть.

Вдоль разлома Комсток длиной 12.9 км располагается рудная зона длиной 4.8 км, состоящая из серии гнезд и жил (бонанз). Они прослежены на глубину 1007 метров. Вмещающими породами являются измененные вулканические породы. Руды бонанз содержали на тонну руды 14 или более граммов золота и 340 или более граммов серебра *(Comstock Lode)*. В отличие от большинства серебряных месторождений, в которых рудные тела представляют собой сравнительно тонкие, выдержанные по мощности жилы, на Комстоке рудные тела образуют неправильные массы мощностью несколько сот футов. В них обычно содержатся руды, резко обогащенные серебром и золотом. Такие участки называются бонанза.

Содержание рудных компонентов в бонанзах резко варьирует. Бонанзы, найденные после 1878 года, содержали больше золота, чем серебра.

В течение среднего миоцена 13.7 миллиона лет назад породы андезитового (с содержанием кремнекислоты 52–56 %) и риодацитового (более 65 % кремнекислоты) состава образовали стратовулкан высотой более 2 км.

Жильный комплекс минералов образуют кварц, кальцит, серицит, калиевый полевой шпат, и хлорит. Рудные минералы представлены сульфидом серебра (акантит), электрумом, пиритом, сульфидами цветных металлов (меди, цинка, свинца); близ контакта с жилами вмещающие породы переработаны в агрегат серицита, кальцита. На удалении от контакта образуется ассоциация кварца и кварц-серицит-монтмориллонит-хлорит и пирит. В контакте с жилами, где предполагается, что имело место вскипание растворов, образуется каолинит.

Предполагается наличие нескольких стадий минерализации. Температуры растворов, по данным изучения газово-жидких включений в минералах, варьируют от 300 °C на северном окончании поля до 235 °C на южном окончании. Гидротермы содержали от менее 1 % до более 6 % NaCl, и были образованы смесью глубинных и поверхностных вод. Более молодые флюиды содержат до 2.1 % CO_2 *(Vickre, 1989)*.

В начальный период освоения месторождения самая большая трудность в разработке новых участков была связана с налипающей на лопаты серо-синеватой глиной. После того, как ее проанализировали, оказалось, что это богатейшая серебряная руда, содержащая серебро на сумму более $200 / тонну. До этого открытия, учитывая калифорнийский опыт, о серебре никто и не думал. Теперь-то и начался настоящий бум – серебряная лихорадка, размеры которой сопоставимы с калифорнийской золотой лихорадкой 1849 года.

Разработка серебряной руды требовала больших затрат и завоза тяжелого оборудования. Началась ожесточенная борьба за клеймы, последовала целая серия судебных процессов за право собственности на землю. За шесть лет (1859–1865) стоимость извлеченной руды составила около $50 миллионов долларов, из которых порядка $10 миллионов ушло на судебные процессы. В конечном итоге была построена железная дорога Вирджиниа-Траки от Рино до Карсон сити и позже до Миндена, соединившая новый горнорудный район с системой трансконтинентальных железных дорог. До окончания строительства дороги грузы и пассажиры перевозились группами в 10–16 лошадей или мулов, тянувшими от 2 до 4 вагонов с людьми и грузами *(Comstock Lode)*.

Эффективная разработка Комсток Лод стала возможной после решения серии технических проблем. Главной была проблема устойчивости горных выработок. Из-за разности в плотности руд и вмещающих пород и многочисленных каверн возникали частые обвалы. Другая трудность, возникшая при разработке Комсток Лод, была связана с большой мощностью отрабатываемых рудных бонанз. Проблемы были решены только после применения разработанной немецким инженером Филиппом Дейденшайлером, назначенным управляющим рудника Офир, системы крепления, при которой отработанное пространство заполнялось решеткой крепи, шаг за шагом, используя кубические ячейки крепи со стороной около 2 метров.

Водные ресурсы окрестных рек вначале вполне обеспечивали нужды населения и предприятий. Позже, когда воды стало не хватать, сюда был приглашен получивший образование в Швейцарии, ранее планировавший водоснабжение Сан-Франциско инженер Херман Шусслер. Он разработал новый план водоснабжения. Первые геодезические работы были проведены в 1872 году, первая секция труб уложена 11 июня 1872 года, а через месяц работы были завершены. Излишки воды на глубине были устранены после строительства дренажного тоннеля (тоннель Сутро, по имени его проектировщика Адольфа Сутро). Геодезические работы на этом тоннеле были проведены упомянутым выше Шусслером.

Поскольку американцы до 1859 года, то есть до работ на Комсток Лод, практически не сталкивались с разработкой серебряных руд и их переработкой, вначале они применяли накопившийся в этом отношении опыт на мексиканских месторождениях, используя мексиканцев как партнеров. Но обычные в Мексике процессы переработки руды и извлечения металла были слишком медленны для американцев и не годились для того массового количества руды, которые поставляли рудники Комсток Лод. Они были заменены новыми эффективными методами дробления, прожаривания и амальгамирования серебряных руд металлургами, кончавшими Фрейбергскую горную Академию в Саксонии, и приспособили их к переработке больших масс руды Комсток Лод.

Естественно, столь богатое месторождение породило много мифов. Они широко распространены и по сей день. Тщательный анализ фактов, собранных архивистом штата Невада Гью Роча, позволяет существенно пересмотреть эти мифы *(Popular Nevada and V&T Myths)*. Начнем с наиболее существенных из них.

Учебники, используемые в школах штата вплоть до 1990 года, говорили, что улицы Невада сити были вымощены серебром (миф 48 по нумерации Роча), что очевидная неправда. Речь могла идти лишь о «хвостах» серебряных рудников, которые использовались для мощения улиц.

Миф номер 12: ошибочная идея о том, что открытие серебряного Комстока привело к предоставлению Неваде статуса штата. На самом деле решающую роль сыграло только отсутствие здесь рабства и «республиканская» ориентация населения территории, дававшая правительству Линкольна перевес над рабовладельческим Югом. Это и сделало ее кандидатом на получение статуса штата.

Не соответствует действительности исключительно широко распространенная идея, что серебро Комстока Лод оплатило победу в гражданской войне. Большая бонанза была найдена через несколько лет после победы над Югом. Общая стоимость гражданской войны оценивается в 6 миллиардов долларов, в то время как стоимость руды, добытой в это время на Комстоке, не превышала 50 миллионов долларов. Единственные деньги, поступавшие в федеральную казну, были налоги, а они были каплей в море сравнительно с реальной стоимостью войны. Прямая поставка отдельными компаниями серебра на монетный двор в Карсон сити также исключается, поскольку этот монетный двор начал работать лишь с 1866 года.

Столь же ошибочна и идея о том, что печать штата изображает железную дорогу Вирджиния – Траки, сыгравшую решительную роль в развитии горнорудного района (миф номер 8). На самом деле печать была выпущена между 1863 и 1865 годами, то есть за два года до того, как железная дорога пересекла Неваду.

Действительность была куда прозаичней мифов и романтических легенд. Огромные ценности, создававшиеся на Комсток Лод, стали предметом спекуляций на Сан-францисской бирже. Искусственно распускались слухи о новых находках, с тем, чтобы вздуть (или, наоборот, понизить) цены различных клеймов, чтобы задешево купить их. Менеджеры заключали на свое имя поставку древесины для крепи и воды. Учет на серебро производящих предприятиях не велся, или велся из рук вон плохо, что давало возможность хозяевам предприятий присваивать существенную часть металла.

Недаром крупнейшие состояния на Комсток Лод были сделаны финансистами, менеджерами и владельцами предприятий, такими как:

Джордж Херст (отец известного газетного магната Вильяма Рэндольфа Херста), успешный калифорнийский золотоискатель, владевший рудником Офир;

Уильям Чепмен Ралстон, основатель Сан-францисского Бэнк оф Калифорниа;

Уильям Шерон, партнер Ралстона и агент банка в Неваде, ставший вторым сенатором от штата Невада;

Уильям М. Стюарт, проводивший многочисленные судебные процессы о праве на клеймы, первый сенатор от штата Невада;

Алвинза Хейворд, серебряный барон, известный при жизни как первый калифорнийский миллионер, обладатель значительной доли рудников Комстока после 1864 года.

Те, кто открывали и создавали Комсток Лод, были отброшены и забыты. Они продавали свою долю акций задешево, но удержаться на поверхности не умели и не могли. Комсток обменял слепую лошадь и бутылку виски на десятую часть пакета акций, принадлежавших Олд Вирджинни, но позже продал все свои доли судье Уолшу за $11000. На эти деньги открыл магазины в Карсон и Сильвер сити, потерял все, что имел в Неваде, и в течение нескольких лет был проспектором в Айдахо и Монтане, где и застрелился в 1870 году. Пат Маклафлин продал свою долю акций в руднике Офир за $3500, но вскоре потерял все и работал поваром на руднике Грин майн в Калифорнии. Пит О'Райли продал свою долю за $40000. Позже он безуспешно занимался поисками в Неваде, надеясь найти жилы, более богатые, чем Комсток Лод, сошел с ума и умер в приюте для умалишенных в городе Вудбридж, Калифорния.

Платина – металл фальшивомонетчиков и ученых

Третий валютный металл – платина, представляет основную и самую ценную часть металлов платиновой группы, включающих кроме платины палладий, родий, рутений, иридий и осмий. Она встречается либо в самородном виде, либо в виде арсенидов.

В отличие от золота и серебра, известных на протяжении нескольких тысячелетий, платина была обнаружена менее 300 лет назад. В 1737 году испанский астроном Антонио де Уллоа привез из Латинской Америки неизвестный серебристый металл, похожий на серебро (*plata*, исп.) и назвал его «серебришком» (*platinum*, исп.). В 1751 году шведский химик Шеффер определил платину как самостоятельный седьмой элемент в дополнение к уже известным в то время шести. Сегодня самый молодой из валютных металлов является самым драгоценным.

Применение металлов платиновой группы определяется их исключительной способностью сопротивляться химическим изменениям и высоким температурам, хотя они и могут подвергаться коррозии под действием цианидов, галогенидов и едких щелочей.

Что делать с этим металлом, никто не знал. Тем, кто его добывал в провинции Чако в Колумбии, он просто мешал, засоряя получаемые при промывке россыпей золотые концентраты. Именно благодаря близости удельного веса платины и золота, платина начала использоваться как примесь для изготовления фальшивых монет, заменяя им часть золота. Чистота металла монет являлась основой монетарной системы, поскольку ценность монеты гарантировалась весом «валютного» металла, из которого она чеканилась. Подделка денег всегда считалась одним из наиболее тяжких преступлений против государства, поскольку подрывала его финансовую монополию. Словом, испанское правительство немедленно приняло меры против фальшивомонетчиков. В 1778 году был издан специальный указ, по которому платину заставляли собирать. Ее топили в реке в присутствии специальных чиновников короны *(Platinum – History and Investment)*.

После начала употребления платины в Европе было отмечено, что она не может быть расплавлена, или выделена другим «видом испанского искусства». Учитывая высокую химическую инертность металла, его стали использовать в ювелирном деле и в ходе лабораторных опытов и при производстве стекла (в Берлине в 1780 и в Англии в 1784). Использованию платины препятствовала трудность ее выделения и металлургической обработки. Вследствие ее химической инертности платина стала металлом науки. В 1820 году един-

ственный тогда поставщик этого металла Колумбия после завоевания своей независимости от Испании прекратила продажу платины.

Россыпи – древнейший тип месторождений платины

Как и в случае золота, древнейшим разрабатываемым типом месторождений платины являются россыпи. Примерами этого типа месторождений являются россыпи Урала, Колумбии, района залива Гудньюс на Аляске. Предполагаемым источником платины в россыпях во всех этих районах являются линейные расслоенные массивы ультраосновных пород. Вплоть до середины 20-х годов россыпи были, по сути, единственным источником мировой добычи платины. Ресурсы россыпей отнюдь не исчерпаны. Свидетельством этому является находка огромных россыпей платиноидов близ Гулинского массива в полярной Сибири. Материалы об этой уникальной россыпи были представлены в докладе Балмасовой, Смолянской, Лопатиной, Лопатина, Лазаренкова и Малича. Россыпь на реках Гули, Ингаринда, Сабида, притоках реки Маймеча, имеет длину несколько километров, залегает в речных и водноледниковых отложениях, содержит самородные ферроплатину, самородный осмий, иридоосмий и золото. Источником минералов платиновой группы являются породы расположенного поблизости Гулинского массива ультраосновных-щелочных пород *(Балмасова, Смолянская, Лопатина, Лопатин, Лазаренков, и Малич, 1992)*.

В 1822 году началась разработка речных платиновых россыпей Урала. Судьба платины в XIX веке была в значительной мере определена открытиями и связанными в этим металлом событиями в России. Началось с того, что в 1813 году маленькая девочка Катя Богданова нашла на реке Исеть на Урале самородок платины и принесла его приказчику Полузадову. Приказчик приказал девочку высечь, чтобы она не рассказывала о своей находке. Позже владелец участка корнет Яковлев отобрал самородок и, в свою очередь, приказал высечь Полузадова. Без порки любое решение, видно, считалось ненадежным. Поручик считал, что самородок связан с одной из золотоносных жил. Но настоящие события развернулись на Урале в 1814 году, когда штейгер (горный мастер) Лев Брусницын нашел здесь богатые золотые россыпи. Выяснилось, что в них вместе с золотом накапливался концентрат платины. Естественно, что и здесь, что делать с этим металлом, никто не знал, и его использовали вместо дроби. Через 10 лет были открыты богатейшие собственно платиновые россыпи. Вот тогда-то министр финансов России Егор Канкрин предложил правительству чеканить из платины монету. Технически это стало возможным после того, как в первой четверти века инженер П. Г. Соболевский установил, что порошок платины при нагревании под давлением становится пластичным, и из него можно лепить монеты, пластины, кольца (так называемая порошковая металлургия). Предложение Канкрина исходило из того, что экономика России после войны с Наполеоном находится в катастрофическом состоянии, ассигнации потеряли три четверти номинальной ценности, особенно учитывая, что Наполеон наводнил Россию фальшивыми ассигнациями. Выпуск монет из практически неизвестного металла был государственной операцией по выпуску фальшивых денег. Николай I потребовал своего рода экспертизы. Канкрин обратился к известному европейскому авторитету – знаменитому естествоиспытателю Александру Гумбольдту. Он послал ему один платиновый червонец и пригласил его на Урал. Гумбольдт одобрил идею выпуска платиновых монет, и Николай I издал указ об их выпуске. Началась крупнейшая государственная кампания по выпуску фальшивых денег. Платина была объявлена валютным металлом с ценой в пять раз дороже серебра.

В России тогда имели хождение трехрублевые золотые монеты весом около 4 граммов. Канкрин после получения одобрения начал выпускать платиновые монеты весом 10.35 грамма. Первую монету он и послал Гумбольдту. Он писал: «я стараюсь распространить монету на Азию. Персы находят большое удовольствие в платиновых монетах и,

думаю, что мы слишком мало оценили металл». Население поверило в эту монету, и добыча платины достигла уровня 2 тонны в год. С 1829 года началась массовая чеканка платиновых монет достоинством 6 и 12 рублей. Они назывались, соответственно, полуимпериалами и империалами. Тем временем князь Волконский, опекун владельца большинства горных промыслов на Урале Демидова, связался с компанией английских скупщиков «Джонсон, Мэттью энд Компани» и стал утверждать, что России выгоднее продавать сырую руду за рубеж. Одновременно стали распространяться слухи, что за границей делают фальшивые платиновые монеты. Канкрин к этому времени ушел в отставку, и новый министр финансов Вронченко подал Николаю записку о том, что «платиновые монета не соответствует общим основаниям русской денежной системы». До 1845 года на Урале было добыто 40 тонн платины – раз в 20 больше, чем в Колумбии. Этот успех позволил выкупать платиновые монеты с тем, чтобы упрочить бумажные ассигнации. Всего с 1828 по 1845 год было отчеканено платиновых монет номиналом на 4 251 292 рублей. На чеканку было израсходовано около полумиллиона унций платины. Так или иначе, чеканка монет была приостановлена по указу Николая I в 1845 году и возобновилась по указу Александра II только в 1862 году по настоянию выдающегося русского физика Якоби. Новому выпуску платиновых монет способствовало то, что русская экономика в очередной раз была в катастрофическом состоянии, а золота и серебра опять не хватало. Монеты номиналом 3 и 6 рублей чеканились в течение двух лет, после чего их выпуск был прекращен. Тем временем продолжалась скупка сырой платины той же английской фирмой. К началу Первой мировой войны она скупила 35 тонн платины и смогла диктовать цены на металл. Сразу после войны он стал в 3–4 раза дороже золота *(Портнов, 2007)*.

Проведенная правительством России операция по выпуску фальшивых платиновых денег из платины показала принципиальную возможность ее использования как валютного металла. Высокие цены на платину, благодаря чему номинал монеты покрывается стоимостью металла, из которого она изготовлена, сделали чеканку платиновых монет вполне легальной, и она проводилась в новейшие годы разными странами. Все началось в ноябре 1983 года с выпуска островом Мэн медали для лауреатов нобелевской премии (одноунциевый «Нобель»). Медаль могла на законном основании свободно продаваться. Япония выпустила пяти- и десятиграммовые монеты «Танака». Во второй половине 1988 года Канада выпустила платиновую монету – знаменитый «Кленовый лист», Австралия свою платиновую монету «Коала». Китай выпустил несколько платиновых монет разной номинации. Самой известной среди них является «Панда». Прекрасно художественно оформленные, эти монеты очень популярны среди нумизматов. В 1997 году впервые выпустили платиновую монету «Американский Орел» Соединенные Штаты. Эта монета приобрела широчайшую популярность, и в результате спрос на платину почти удвоился по сравнению с 1996 годом. Россия в 1979 году выпустила платиновую «Балерину», а общее количество выпускаемых Россией платиновых монет равно 18.

Как и серебро, металлы платиновой группы нашли широкое применение в современной индустрии. Сегодня их называют «металлами охраны окружающей среды». Около трети мировой добычи металлов платиновой группы используется в автомобильных конверторах, остальная часть идет на ювелирные изделия и в химическую промышленность.

Риф Меренского и месторождения самородной платины

Основным типом коренных месторождений самородной платины являются обогащенные платиной горизонты в расслоенных массивах ультраосновных пород. Крупнейшее месторождение этого типа связано с массивом Бушвельд к северу от Йоханнесбурга в Южной Африке. Бушвельдский изверженный комплекс образовался около 2000 миллионов

лет назад. Металлы платиновой группы локализуются здесь в трех горизонтах (или рифах), главным из которых является так называемый риф Меренского *(Merensky Reef)*. Бушвельдский комплекс был открыт в 1924 году фермером А. Ф. Ломбаардом, но значение его было в полной мере оценено немецким геологом Хансом Меренским, проследившим его на протяжении нескольких сот километров. Именем Меренского и назван этот горизонт. В опубликованной недавно статье об истории этого открытия прекрасно показано, что месторождение стало тем, что оно есть, в результате того, что Меренский в ходе детального петрографического анализа показал, что платина содержится не в трубчатых телах, а обогащает горизонт массива Бушвельд *(Cawthorn, 1999)*.

Рис. 1.7.16. Ханс Меренский, немецкий геолог, нашедший особо богатый платиной горизонт (риф), названный его именем.

Разработка рифа Меренского, по данным Британской геологической службы, давала 80 % мировой добычи платины (без учета СССР). Платиново-палладиевое отношение в рудах колеблется от 5:3:2 (рифы Меренского и UG-2) до 4:5:1 на Платрифе. Содержание платины в рифе Меренского в восточной части массива Бушвельд составляет 10.9 унций на тонну, при подтвержденных запасах до глубины 2 миль от поверхности – 339 тонн. В западной части массива Бушвельд содержание платины 66.2 унции на тонну при запасах 2059 тонн.

Рис. 1.7.17. Карта выходов обогащенных платиной горизонтов (рифов) над Бушвельдским ультраосновным массивом.

Другим обогащенным платиноидами горизонтом является так называемый риф UG2, который подстилает риф Меренского. Он начал разрабатываться в 1970 году. Считается, что эти два горизонта содержат большую часть мировых запасов платины. Риф UG2 обо-

гащен хромитами, но не содержит золота, меди и никеля, характерных для рифа Меренского. Третий горизонт, обогащенный металлами платиновой группы (Платриф) расположен на северном окончании массива Бушвельд. Общая 300-километровая длина минерализованных горизонтов объясняется последовательным внедрением нескольких порций рудосодержащей магмы, приведших к повторению последовательных стадий минерализации и удвоению мощности рудных зон *(Carrol, 2005)*.

В 1925 году платиновые месторождения были открыты в Зимбабве в районе так называемой Великой Дайки, протягивающейся примерно на 550 км в общем направлении с севера на юг. Она представляет собой расслоенную интрузию основных и ультраосновных пород, внедрившуюся 2580 миллионов лет назад. Минерализованные зоны присутствуют в виде четырех эллиптической формы тел общей длиной 350 км. Запасы месторождений Великой Дайки составляют 2.6 миллиона тонн руды, содержащих 143 миллиона унций платины и 87 миллионов унций палладия. Среднее содержание металлов платиновой группы составляет 3 грамма на тонну. Платиново-палладиевое отношение равно 1.5:1. В этом районе располагаются два месторождения Зимбабве – Нгези и Мимоза. Они вначале разрабатывались открытым карьером, но с 2003 года владельцы Нгези перешли к подземной разработке.

Другими странами, поставщиками металлов платиновой группы являются Россия, Канада, Австралия, США. Главным типом разрабатываемых здесь месторождений являются комплексные медь-никель-кобальт-платиновые месторождения. Платиноиды присутствуют здесь в форме арсенидов платиновой группы металлов, в рудных месторождениях, связанных с массивами основных и ультраосновных пород в ассоциации с сульфидами меди, никеля, кобальта. Это так называемые месторождения типа Седбери (Канада). К ним принадлежат месторождения Мончегорска и Печенги на Кольском полуострове, Норильска и Талнаха на севере Сибири.

Происхождение этих руд и вопросы, связанные с их геологическим положением, были предметом ожесточенной дискуссии. Дебатировался вопрос о природе массива Седбери, и происхождение самих руд. Возникли ли они при кристаллизации из расплава, или при кристаллизации из обогащенных рудными компонентами флюидов. Вопрос о природе Седбери и его возможной связи с ударом метеорита практически отпал после подтверждения связи месторождения Норильска, Талнаха и Камбальды (Австралия) *(Kambalda type komatiitic nickel ore deposit)* с магматогенными массивами. Все месторождения этого типа приурочены к стабильным платформам, и связаны с однотипными дифференцированными массивами основных пород, а Камбальда – с коматиитами – вулканическим комплексом ультраосновных пород. Так что сама идея выборочных метеоритных ударов, специализирующихся на структурах одного типа, кажется странной.

Седбери

Рис. 1.7.18. Вид Седбери в 1888 году в период находки месторождения.

Первые находки сульфидных руд были сделаны в бассейне Седбери в 1856 году А. Мурреем. Но оценены они были лишь в 1883 году, в период строительства Канадской Тихоокеанской железной дороги (Naldrett, 2005).

В 1886 году началась разработка некоторых рудных тел на медь; несколькими годами позже началось производство никеля.

Промышленное производство металлов платиновой группы началось лишь в 1908 году, когда крупнейшая горнорудная компания в бассейне, Вале Инко, открыла металлургический завод по очистке металлов в Великобритании. Другая компания – Фальконбридж, построила металлургический завод в Норвегии. Истинные масштабы бассейна Седбери стали понятны лишь много позже. Сегодня установлено, что пояс никеленосного оруденения протягивается почти на 70 миль. Ширина пояса непостоянна, более велика на концах пояса и меньше в его середине. Рудные тела образованы системой жил. Так, к юго-востоку от Седбери насчитывается до дюжины крупных рудных тел на одном хребте *(Naldrett, 2005)*.

Рис. 1.7.19. Современное Седбери. Никелевый рудник Никел Рис саут майн.

Единственный существующий первичный источник металлов платиновой группы в Канаде – месторождение Лак де Иль, располагается в западной части провинции Онтарио.

Оно принадлежит компании Норт Американ Палладиум Компании. Промышленное производство металлов платиновой группы началось здесь в 1993 году на месторождении, известном, как Роби Ридж. Здесь зеленокаменный пояс пород древнее 2 миллиардов лет прорван массивом габбро, возрастом 2.7 миллиарда лет. Минерализованная зона, представленная вкрапленностью рудных минералов, занимает общую площадь 950×850 метров. Минерализация присутствует в трех формах: брекчии минералов платиновой группы, минерализованные дайки и силлы и зона богатых платиновых руд мощностью 15–25 метров в восточной и центральной части Зоны Роби. Содержание платины составляет 0.17 г/тонну, палладия 1.67 г/тонну. Платино-палладиевое отношение составляет 1.9. Запасы оцениваются в 5.8 миллионов тонн палладия *(Naldrett, 2005)*. Разработка велась открытым карьером, но в 2005 году начались подземные работы для отработки более глубоких горизонтов, содержащих более богатые руды. Руды перерабатываются в богатый палладием концентрат, содержащий подчиненное количество платины и цветных металлов. Платина составляет до четверти общего количества металлов платиновой группы.

Основное производство металлов платиновой группы в США приурочено к месторождениям Стиллуотер и Ист Боулдер близ города Най, в штате Монтана. Горнорудная компания Стиллуотер начала разработку содержащего металлы платиновой группы горизонта «риф Дж. – М» в 1987 году. Горизонт содержал очень высокие концентрации металлов платиновой группы – около 20 г на тонну, примерно три четверти которых приходилось на палладий. Остальное составляла платина *(Naldrett, 2005)*.

Норильск и Талнах

Считается, что среди комплексных месторождений меди, никеля, кобальта и металлов платиновой группы крупнейшими в мире являются месторождения района Норильска и Талнаха.

Месторождение Норильск I расположено на правобережье приустьевой части Енисея у подножья гор Путорана. Оно сформировалось 250 миллионов лет назад в конце мощного эпизода излияния базальтовых лав, покрывших всю восточную часть Сибирской платформы. На конечных этапах этого эпизода образовались небольшие по размерам интрузии основных пород с содержанием 50–52 % кремнекислоты. Здесь в относительно неглубоких магматических камерах происходила интенсивная дифференциация магмы, сопровождавшаяся кристаллизацией обедненных кремнекислотой ультраосновных пород и отслоением порций расплава, обогащенных рудными элементами. Вот эти-то последние порции, отжатые от силикатной части магмы, и дали начало рудному комплексу. В Норильске описаны несколько типов рудных тел *(Arndt, Czamanske, Walker, Chauvel, Fedorenko, 2003)*. Прежде всего это массивные сульфидные руды, наиболее богатые никелем, образующие линзообразные тела с содержанием элементов платиновой группы 12.4 грамм/тонну. Отношение платины к палладию колеблется от 3:1 до 4:1. Мощность линз от одного до 40 метров. Эти тела окружены ореолами вкрапленных руд, обогащенными медью. Содержания родия, рутения, иридия и осмия в них резко увеличены.

Кроме того, отмечаются вкрапленные руды, ассоциирующиеся с интрузивными телами и характеризующиеся меньшим содержанием металлов. Мощность зон вкрапленных руд составляет 40–50 метров. Содержание металлов платиновой группы колеблется от 5 до 15 грамм/тонну.

Минерализация, как во всех месторождениях этого типа, представлена сульфидами железа (пирротин, пирит), никеля (пентландит) и меди (халькопирит) с резко подчиненным количеством минералов элементов платиновой группы, в основном арсенидов платины.

Крупнейшее в мире месторождение медно-никелевых руд с ассоциирующимися с ними металлами платиновой группы Норильск I было найдено Николаем Николаевичем Урванцевым.

Урванцев (1893–1985) был одним из немногих представителей поколения гигантов русских географических и геологических наук начала XX века, которых мы застали в живых. Сегодня геологи работают, вооруженные до зубов всеми достижениями и инструментами своей науки. Если встретили ископаемые остатки – несут их к палеонтологу, если надо определить горную породу – делают шлифы и анализы. Ну, о топографических картах и аэрофотоснимках и говорить не приходится. Без них никто и в поле-то не поедет. Геологи начала XX века работали без карт. Они оставляли их после себя потомкам. Они были Геологами с большой буквы – универсалами, сразу и съемщиками, и палеонтологами, и минералогами, и поисковиками. Они давали общую картину геологии целых краев и оценивали перспективы огромных территорий на полезные ископаемые. Их имена – К. И. Богдановича, В. А. Обручева, И. В. Мушкетова – вошли в легенды. Но даже на фоне этой плеяды гигантов деяния Н. Н. Урванцева выделяются своей значимостью. Он не просто был первым, кто создал представления о географии и геологии огромных полярных районов России. Он открыл крупнейшее в мире месторождение типа Седбери – Норильск I. Тут важно проследить, как рождалось это открытие.

В 1860 году Г. К. Трубников посетил район с целью поисков медной и серебряной руд. В 1865 году на горе Рудная был установлен заявочный столб с вырезанными буквами К и С (К – золотопромышленник Кытманов, С. – один из Сотниковых: урядник Петр или купец

Киприян). Внук Киприяна, А. А. Сотников, в 1914 году получил все документы на пользование недрами. В 1866 году Ф. Б. Шмидт описал на соседней сопке глинистые сланцы, пропитанные вторичными медными минералами – медной синью и медной зеленью *(Долгаль, 2007)*. Поскольку медь в районе нынешнего Норильска добывалась из медной зелени, развитой по описанным Шмидтом глинистым сланцам, Урванцев начал обследование именно с них. Он правильно оценил вторичный характер этой минерализации, сделав вывод о необходимости поиска первичного ее источника на поверхности соседней сопки Рудной, на которой стоял старый заявочный столб Сотникова. Сопка была сложена магматическими породами. На поверхности ее располагались два пятна коричневато-бурого цвета. Такие пятна обычно возникают при окислении первичных сульфидных руд. Пройденные здесь шурфы на глубине всего лишь в метр встретили во вмещающих основных магматических породах (долеритах) первичные сульфидные руды.

Судьбу дальнейших поисков определила находка Н. Н. Урванцевым в образцах руды с этой сопки никелевого минерала – пентландита. Это определение, казалось бы, достойное студента второго курса, в корне меняло оценку норильских рудопроявлений. Медь в стране была – на Урале, в Казахстане, в Армении. Никеля же не было вообще.

Но, помимо такого чисто экономического поворота, обнаружение пентландита показывало, что рудная минерализация принадлежит к типу Седбери. Таким образом была создана генетическая модель месторождения. Теперь речь шла о том, что здесь геологи имели дело с комплексным месторождением меди, никеля, кобальта, платины.

В этот же ряд событий легло обнаружение в 1923 году Н. К. Высоцким в образцах медных руд высоких содержаний металлов платиновой группы. В том же году было начато разведочное бурение. Результаты бурения 1923–1924 годов подтвердили выводы Урванцева о больших масштабах оруденения и принадлежности его к типу Седбери. Именно определение типа минерализации знаменовало момент открытия месторождения.

Это и было крупнейшее в мире сульфидное месторождение комплексных руд меди, никеля, кобальта и металлов группы платины Норильск I. В 1926 году в 6 км от Норильска I было найдено новое рудное тело Норильск II.

Но при всей значительности того, что было достигнуто, надо было обладать широтой мышления настоящего исследователя и мужеством, чтобы после отрицательного заключения Геолкома по его докладной записке о необходимости работ на рудопроявлении Норильск I на основании крайне скудных данных обратиться к тогдашнему руководителю ВСНХ Ф. Э. Дзержинскому с просьбой направить в район геологоразведочную экспедицию для проведения оценочных работ. Учитывая сложные климатические условия района и отсутствие инфраструктуры, комиссия Геолкома решила работы прекратить. Урванцев с решением комиссии не согласился и подал записку в ВСНХ, которому был подчинен Геолком. Ф. Э. Дзержинский с решением комиссии не согласился и постановил работы в Норильске продолжить в еще более крупном масштабе. Начальником экспедиции он назначил одного из своих секретарей П. С. Аллилуева, а его заместителем – Н. Н. Урванцева.

Как и в случае с находкой пентландита, это, казалось бы, простое и естественное действие требовало немалого личного мужества. Ведь Урванцев, идя к всемогущему председателю ВСНХ, никого не представлял, он шел от самого себя. А на нем самом стояла печать политической неблагонадежности, сотрудничества с правительством адмирала Колчака и созданным им Сибирским Геолкомом. Недаром руководители Института геологии Арктики оценили значимость этой стороны дела и приписали открытие своей не существовавшей в то время организации, поскольку теперь, 50 лет спустя после самого открытия, Урванцев работал в Институте. По сути, борясь за честь мундира, они обокрали первооткрывателя.

Работы экспедиции, созданной по настоянию Урванцева, длились десять лет. Результатом их был подсчет запасов, утвержденный 17 февраля 1934 года Центральной комис-

сией запасов. Цифры этого подсчета легли в основу решения 1935 года о строительстве Норильского горно-металлургического комбината, принятого после доклада И. В. Сталина на Политбюро ЦК ВКП(б). Стройку объявили ударной и передали ее в ведение НКВД СССР.

Первое поселение на месте современного Норильска возникло в 1922 году. Официальная дата основания поселка относится к 1935 году. Именно в этом году были основаны лагеря Норильсклага. После этого история Норильска определялась строительством одного из самых ужасных лагерных поселений в системе сталинского ГУЛАГа. Темп работ определялся необходимостью строительства рудника и металлургического комбината. В 1935 году на базе месторождения Норильска I началось строительство Норильского горно-металлургического комбината и самого Норильска, с 1939 года получившего статус рабочего поселка, а с 1953 года – города. Зимой 1935 – 36 года была построена узкоколейная железная дорога от Норильска до ближайшего порта на Енисее, – Дудинки длиной 72 км. Позднее колея была расширена до нормальной для всей страны. Разработка месторождения началась в 1939 году, когда были вскрыты богатые подземные залежи руды. К этому времени по переписи население составляло 14 000 человек, а в 1982 году оно достигло 183 000 человек. Условия жизни и работы заключенных были ужасны. По приведенным в цитированном источнике данным архивов Норильсклага за период 1935–1956 от голода, болезней и холода умерло 16 806 заключенных. Можно лишь поражаться точности этой цифры – до одного человека! Большую работу провело в архивах Норильсклага сибирское отделение общества Мемориал. И какой контраст с официальной реакцией на эту страшную цифру: «Да, общее количество жертв было велико, но смертность в Норильских лагерях была в среднем ниже, чем по лагерям страны в целом». Как будто есть «средние умершие». Количество жертв было особенно велико в течение 1942–1944, когда были большие трудности со снабжением продуктами питания. Источник меланхолически констатирует, что «неизвестное, но значительное» количество заключенных продолжало работу на комбинате до 1979 года. С сохранением природных условий в лагерных зонах можно было не церемониться.

Надо ли удивляться, что Норильский комбинат был одним из самых значительных на нашей планете (!) источников загрязнения окружающей среды. По оценкам, комбинат дает 1 % от всего количества двуокиси серы, поступающего во всем мире в атмосферу. И это, не считая выбросов в атмосферу арсенидов. В 2007 году Норильск входил в первую десятку самых загрязненных городов мира. В итоге в радиусе 48 километров от металлургического завода «Надежда» (какова ирония названия!) не осталось ни одного дерева. По сообщению Британской радиовещательной компании Би-Би-Си, в апреле 2007 года компания Норильскникель признала ответственность за то, что случилось с окружающими лесами, но настаивала, что ею принимаются меры по сокращению загрязнения среды. По оценке компании в результате принимаемых мер количество выбросов диоксида серы в атмосферу в 2015–2020 годах должно сократиться на две трети. Нет сомнений, что нельзя верить ни одному из этих обещаний. Руководители компании заняты в основном переделом собственности, и им нет никакого дела до лесов, как раньше не было дела до жизни рабочих.

Позже находки Норильска I, в 20-х годах, Урванцев был первым геологом, работавшим на Таймыре, а потом и на Северной Земле. За находку почты Амундсена правительство Норвегии наградило его золотыми часами.

Правительство Советского Союза наградило его бесконечными сроками в каторжных лагерях, где он и провел всю жизнь между экспедициями. Арестованный в 1938 году, Урванцев был осужден на 15 лет за вредительство, выразившееся одновременно в недооценке найденных им угольных месторождений, а затем в переоценке их перспектив. Обычно в материалах о его биографии тщательно перечисляют все его официальные награды – ордена и почетные медали. Но что может компенсировать 7 лет таскания тачки, а затем рабского труда геолога в лагерных шарашках (с 1938 по 1945 год)?

Высокий, худой почти до костлявости, с резкими чертами интеллигентного удлиненного лица с вечными сильными очками, стремительный в движениях (он даже в канун семидесятилетия по лестнице шел, перешагивая через две ступеньки), он до конца дней сохранил острый интерес к новым геологическим данным. По свидетельствам очевидцев, Николай Николаевич имел тяжелый характер. Супруга его Елизавета Ивановна отмечала, что после лагеря его характер стал мягче, терпимее. Фотографии Н. Н. Ураванцева и Г. Д. Маслова приведены в главе 1. В любом материале о Норильске можно увидеть две фотографии: первый дом в Норильске, служивший базой отряда Урванцева в 1920 – 22 гг., и могила Урванцева. Урна с его прахом, в соответствии с его завещанием, была перевезена в Норильск. Тяжелая могильная плита с крестом. На могильной плите никаких надписей, только два имени – Урванцева и его жены Елизаветы Ивановны, и даты жизни. В этом городе не надо пояснять, кем был похороненный здесь человек – как в державинской надписи на могиле другого человека: «Здесь лежит Суворов». И совершенно естественно, что имена Урванцева и его жены на плите стоят рядом, как они прошли рядом всю жизнь. Познакомившись с молодым геологом-полярником, молодая женщина оставила первого мужа в Москве, и навсегда соединила свою жизнь с Николаем Николаевичем. Она была врачом в его экспедиции на север в 1933–1934 годах. К ней, главному врачу лагеря в Норильске, приводила ночевать охрана заключенного Урванцева. Вдвоем с ней они выиграли ралли Ленинград-Москва, в котором участвовали по случаю семидесятилетнего юбилея Николая Николаевича. От Ленинграда до Москвы машину вел Урванцев, от Москвы до Ленинграда – Елизавета Ивановна.

Рис. 1.7.20. Фото первого дома в Норильске – предполагаемая камералка отряда Урванцева.

Ю. Лифшиц *(2008)* приводит детали похорон Урванцева, характеризующие общую обстановку полного падения морали в стране. Гражданская панихида проходила в большом зале Географического общества. Сотрудники Института геологии Арктики на час отлучились, оставив зал без присмотра. Воспользовавшись коротким временем отсутствия охраны, мародеры срезали с его пиджака ордена.

Рис. 1.7.21. Норильск. Могила Н. Н. и Е. И. Урванцевых.

В 1990-е годы в стране начался большой раздел государственной собственности. Яркой иллюстрацией того, как проходил этот процесс, является приватизация Норильского комбината. Он был «приватизирован» за смехотворную сумму 680 миллионов долларов за 38 % акций комбината. Начиная с 2001 года, Норильск был закрыт для иностранцев – очевидная попытка проводить «распил» Норильска под жестким контролем Москвы.

Добыча руд производится на рудниках Норильск I, Талнах и Октябрьский. По оценкам иностранных специалистов, в 2004 году продукция составляла 2.7 миллиона унций палладия и 650 кг платины. Близкие результаты на 2006 год приводит на своем интернет-сайте концерн Норильскникель (3 миллиона унций палладия и 700 кг платины). Руда Талнаха обогащается на месте, и эмульсия обогащенной руды поступает по трубопроводу в Норильск.

В 2010 году исполнилось полвека со времени открытия Талнахского месторождения – одного из крупнейших открытий, среди множества сделанных советскими геологами. На этом фоне самое время вспомнить, что означало это открытие и как оно было сделано. Открытие Талнаха, второго гигантского месторождения того же типа, как и Норильск, было порождено призраком грозящего в недалеком будущем недостатка руды. Новое месторождение должно было спасти город Норильск и обеспечить работу Норильского металлургического комбината. В конце 1950-х годов стало ясно, что запасы руды на Норильске I не смогут обеспечивать комбинат рудой на протяжении длительного времени.

Для дальнейшего существования комбината и города необходимо было найти новое месторождение.

На его поиски были брошены все силы геологов комбината, Красноярского геологического управления и Института геологии Арктики (НИИГА). Последнему и была поручена координация работ. Вот тогда-то, в 1959 году геологи одной из партий НИИГА Давид Додин и Валентин Голубков нашли в горах Хараелаха на расстоянии 25 км к северу от Норильска рудные валуны и небольшие линейно-вытянутые обнажения коренных медно-никелевых руд. Это было место, близкое к будущему Талнаху. Оценить масштабы оруденения можно было, только проведя бурение, денег на которое у НИИГА не было. Брать на себя ответственность, отстаивая в министерстве геологии перспективность находки, дирекция не стала. Подали в министрство записку о находке, но на карте перспектив обнаружения новых месторождений район находки поместили вне контура перспективных площадей. Находка сделала свое дело. Геологическая служба комбината тут же поставила в смежных районах «валунную съемку». Поиски были перенесены в район плато Хараелах к северу от реки Норилка, в 25 км к северу от Норильска. Здесь срочно были поставлены те же работы, но уже силами партии Норильского комбината. Задача была – проверить результаты находки Додина. Неудивительно, что год спустя после находки Додина, в 1960 году в том же районе рудные валуны были найдены геологом Норильского комбината Старосельцевым. Источник сноса валунов оставался неизвестен.

Точно так же, как открытие Норильска I, при всей сложности связанных с ним событий, неразрывно связано с именем Николая Николаевича Урванцева, открытие Талнаха связано с именем норильского геолога Г. Д. Маслова.

В 1961 году геологическая служба Норильского комбината решила провести бурение в районе будущего Талнаха. Руководил работами геолог Г. Д. Маслов (1915–1968), замещавший на период отпуска В. Н. Егорова, главного геолога Норильского комбината. Ему и принадлежит честь находки Талнаха. Естественно, он знал о рудных валунах, найденных геологами НИИГА, и хотел в числе прочих задач проверить и их. Эпоха была другая по сравнению со временем находки Норильска I, и человек, с именем которого неразрывно связана находка Талнаха, Г. Д. Маслов, был другой. У Урванцева какие-либо материалы по геологии района,

а зачастую и хорошие топографические карты отсутствовали. Маслов имел в руках геологические карты масштаба 1:200000, составленные на основе маршрутов геологов по сетке через 2 км, аэрофотоснимки, он располагал результатами многолетних дискуссий о возможных закономерностях пространственной локализации минерализации. Да еще Маслов имел в руках все данные о находках рудных валунов. Неудивительно, что к началу заключительного этапа работ он, со слов Ю. Лифшица, выражал уверенность, что «в этот раз мы найдем руду».

Но и задача, стоявшая перед Масловым, была иной. Тип рудной минерализации, которую следует искать, был известен. Теперь задача была – определить закономерности пространственной ее локализации. На основе анализа всех данных о структуре района Г. Д. Маслов наметил рудоконтролирующий разлом. Не случайно разлом этот позднее стали называть разломом Маслова. Он же обратил внимание на сходство состава интрузивных тел в районе Талнаха и в Норильске. Искать магматический массив, сходный с Норильским, послал он своего помощника В. Нестеровского. По-видимому, именно это сходство определило выбор места для скважины, вошедшей в руду на Талнахе.

Уверенный в своих профессиональных возможностях, был он человек резкий во мнениях. Естественно, начальство его недолюбливало. Поэтому мне кажется весьма вероятным приводимый ниже апокрифический рассказ.

В этот решающий в открытии Талнаха момент версии событий расходятся. Геологи Норильского комбината (и Ю. Я. Лившиц) единодушно говорят о том, что Г. Д. Маслов прямо прогнозировал положение предполагаемого рудного тела на выделенном им рудоконтролирующем разломе и с учетом этого и задал первую скважину. В то же время нелишне привести здесь более «романтическую», апокрифическую версию находки, автором которой явился рассказавший мне ее С. А. Гулин. Мне запомнилась вся эта история, поскольку Юра Лифшиц, давший мне прочесть неопубликованные главы из своих воспоминаний о его работе в Норильске, упрекал меня в том, что во имя «журналистской лихости рассказа» я принизил роль Маслова, как высокого профессионала, равно как и роль, которую сыграл в открытии Талнаха Д. А. Додин, и упоминаю о каких-то «рудных гривках», которых попросту не может быть, поскольку рудное тело Талнаха не выходит на дневную поверхность. Правда, при этом он как-то опускает вопрос о том, откуда тогда взялись рудные валуны, найденные Давидом Додиным и Валей Голубковым.

Ниже я привожу рассказ о событиях тех дней моего товарища по Институту геологии Арктики С. А. Гулина. Даже если детали в этом рассказе и преувеличены, он ярко передает обстановку, в которой произошло открытие. Как это часто бывает, трагическое и комическое идут бок о бок. Согласно апокрифу, кони, перетаскивавшие с места на место буровую установку, разбежались. Маслов безуспешно искал их нескольких дней и приказал вести бурение там, где стоял станок, а сам пошел искать лошадей. Через несколько дней, когда он был уже уволен приказом начальства и его нашли пьющим с горя, ему принесли известие, что буровая прошла 17 метров по богатой руде, а ему и начальнику буровой бригады присвоены звания Героев Социалистического Труда.

Здесь не лишне ответить и на вопрос о роли в открытии Талнаха Давида Додина. Не приходится говорить, что мне и в голову не приходило как-то принизить роль его работ. Но он остановился на находке рудных валунов, до открытия он не дошел, уступив давлению со стороны дирекции Института геологии Арктики (и «лично Михаила Григорьевича Равича»). В который раз повторилась здесь история находки кимберлитовой трубки Ленинград.

Вопрос о том, когда Маслову присудили звание героя, остается открытым. Ю. Лифшиц называет две даты: 1961 и 1963. Обе со слов очевидцев. По обычному порядку, дирекция комбината должна была послать представление в Москву, и уже там должны были принять решение. Вряд ли это занимало годы, но и не часы и дни.

Открытие Талнаха было столь значительным событием для Норильского комбината, что строительство дороги к нему от Норильска началось немедленно. В 1963 году в Талнахе был объявлен призыв добровольцев и началось строительство мостов вдоль трассы дороги. Уже в начале 1965 года Талнах стал рабочим поселком, а 22 апреля 1965 года на рудах Талнахского месторождения начал работать рудник Маяк.

Открытие, совершенное без «санкции» руководителей геологической службы комбината, было нетерпимо в кастовой системе советской геологической службы, тем более в замкнутом кругу геологической службы Норильского комбината. Даже если детали в приведенном рассказе преувеличены, факт остается фактом: сразу после присвоения звания Героя Маслова устранили от разведки Талнаха. Его имя отсутствует в списке людей, получивших Ленинские премии за открытие Талнаха. Более того, не включили его имя не только в список лауреатов госпремии за Талнах, но даже в список первооткрывателей. Напрасно искать его имя в многочисленных интернетных публикациях, связанных с открытием Талнаха. Эта по сути мелкая, но изматывающая административная травля, особенно сразу после блестящих побед, создала фон, на котором Г. Д. Маслов через три года в возрасте 43 лет скоропостижно скончался от рака. Да, конечно же, улицу в Талнахе назвали его именем – не жалко же! Теперь это ничего не меняет. Нет, кстати, в списке первооткрывателей и имени человека, нашедшего рудные валуны, Д. А. Додина.

Уже 50 лет прошло, имя Маслова вошло в легенду, но среди помещенных в интернете 9150 материалов, посвященных истории Талнаха, нет ни одного, где бы прямо говорилось о его роли. Не говоря уже о Додине. В списках тех, кто открыл Талнах, помянут В. Нестеровский, которого Маслов послал искать интрузии норильского типа на Хараелахе, и В. Ф. Кравцов, прямо нашедший образцы пород, сходных с теми, что слагают интрузию Норильска. А о Маслове говорится, что это он их послал. Разве что крохи сведений можно найти в материалах, посвященных Урванцеву *(Хранитель каменных историй)* в местной газете *(Заполярная правда)* или местному минералогическому музею (Музей геологии Центральной Сибири. Сибирские самородки).

Даже по этим крохам видно, что Маслов был опытнейшим геологом, знавшим все детали геологии реки Норилки с довоенных лет, занимавшимся не только медно-никелевыми рудами, но и строительными материалами. Что и говорить, заслуги тех, кто прямо осуществлял поиск, трудно преуменьшить, но разве можно сравнивать роль человека, спланировавшего весь процесс открытия, и технических исполнителей его? Кстати сказать, и те, кого он послал на место будущего Талнаха, называли себя «масловцами». И снова и снова встает, казалось бы, теоретический вопрос: что, какое действие рождает открытие. Злоба и зависть мелких чиновников от геологии необорима и вечна.

И уже не шла речь о физических наградах – орденах, премиях, а просто о самом упоминании имени. Это ли не лучшее свидетельство мелкой злобности натуры всех этих распределителей чинов и наград? Они продолжают подчеркивать, что это они и только они «и посмертно, и во веки веков определяют ценность действий каждого». Именем Маслова назовем улицу, Кравцову дадим звание лауреата и т. д.

Не лучше оказались и руководители НИИГА. Казалось бы, естественное дело – отстоять приоритет своих работников, но это значило бы признать то, что когда рудные валуны были найдены, никто из руководителей этого института не оценил значимости находки и не нашел в себе смелости обратиться в министерство геологии, настаивая на необходимости постановки бурения.

Но дело, начатое Додиным и Масловым, пошло! В 1965 году началась разработка Талнаха. Рядом вырос город, насчитывающий сегодня около 25 000 жителей. В том же году неподалеку нашли и в 1974 году начали разработку еще одного месторождения – Октябрьского.

Некоторые итоги

Открытие месторождений драгоценных, валютных металлов порождает золотые лихорадки, вызывающие огромные миграции населения, сопоставимые по масштабам с Великим переселением народов. Хорошо известными примерами таких миграций являются золотая лихорадка 1849 года, связанная с открытием золота в Калифорнии, и подобная же лихорадка, последовавшая за открытием золота на Аляске *(Клондайк, 1896 год и Ном, 1898 год)*.

Роль, которую сыграли в истории те или иные месторождения валютных металлов, в значительной степени определялась тем, кто и для какой цели их использовал. Золото, полученное при дворе Соломона, и серебро Лаврийских рудников сыграли решающую роль в строительстве портов, городов Иерусалима и Афин и храмов-символов той цивилизации, которая создала эти города: Первого иерусалимского храма, воплощения Израиля и иудаизма, и Парфенона, символа Эллады. Серебро Лавриона выиграло греко-персидские войны, изменило социальную структуру Афин, дав толчок созданию первой демократии в истории, и оплатило строительство этого города, красы и символа античной Греции. Люди, использовавшие драгоценные металлы рассмотренных месторождений (Соломон, Фемистокл, Перикл) были дальновидными, широко мыслящими государственными деятелями. Их деяния оказали огромное воздействие на историю мира, остались в памяти современников и потомков. Попав в руки таких умелых организаторов рынка, как Оппенхаймер и Барнато, и такого дальновидного политика, как Родс, Витватерсранд стал основой мировой финансовой системы, сломал племенную структуру Африки и принес свободу (или, во всяком случае, самостоятельность) ее народам. В руках правящих Россией советских фашистов и людоедов уникальные Норильск и Талнах стали воплощением созданной ими системы каторжных лагерей. Выше говорилось, что после падения СССР Норильский комбинат был объявлен частной собственностью. О государственном мышлении новых владельцев месторождения говорить не приходится вообще. Куда там сравнивать их с Родсом или Оппенхаймером! Но они ясно представляли, что в руках у них огромные богатства, позволяющие осуществить любое желание. И вот она, вершина мечты: один из главных новых владельцев Норильска едет на французский курорт Куршавель и берет с собой эскорт из десятка девиц. Знай наших!

Выше уже говорилось, что металлы платиновой группы стали «металлами охраны окружающей среды». В то же время выбросы газов с заводов Норильска выжигают окружающие леса почти на 50 км в округе, и количество их настолько велико, что они становятся существенным источником отравления всей планеты.

Пришел XXI век, и валютные металлы, позволившие создать монетарный обмен – основу современной экономики, стали широко употребляться в современной индустрии. Серебро широко применяется в фотографии и в медицине. Платина, как уже говорилось, становится не только металлом научных лабораторий, но и «металлом защиты окружающей среды», почти треть ее производства используется в конверторах автомобилей, резко сокращающих выбросы вредных газов. Потребности развития современной индустрии ставят все новые и новые задачи перед геологами. Возросшая степень исследованности Земли делает поиски все более сложными. Это выдвигает повышенные требования к ведущим поиск геологам. Одной из важнейших гарантий успеха является объединение усилий геологов разных стран, применение новейших методик. Описание нового типа месторождений тонкодисперсного золота («месторождения типа Карлин»), разработка способа извлечения золота методом «кучного выщелачивания» привели к новой вспышке разработки золоторудных месторождений, даже в таком освоенном районе, как штат Невада. Совместное исследование норильских месторождений группой геологов разных стран сделало возможным соединить уни-

кальный российский геологический материал с данными изотопного анализа. В итоге сразу было уточнено понимание истории формирования рудоносных массивов *(Arndt, Czamanske, Walker, Cauvel, Fedorenko, 2003)*.

Литература

Баженов Ю. М., 1999, В поисках страны Офир.

Балмасова Е. А., Смолянская Л. С., Лопатина Л. А., Лопатин Г. Г., Лазаренков В. Г., и Малич К. Н, 1992, Самородный осмий и иридоосмий в Гулинском массиве.//Доклады Российской Академии Наук, том 323, номер 4, стр. 748–751.

Гришин М. Г., 2001, Проблемы социальной политики Афинского государства в 1-ой половине V века до нашей эры.// Конференции Центра антиковедения СпбГУ.

Долгаль А. С., 2007, Краткая история открытия норильских платино-медно-никелевых месторождений.// Журнал Горное Эхо, № 2(28).

Заполярная правда.

Кузнецов К. Ф., Панфилов Р. В., 1974, Месторождения серебра.// В кн. Рудные месторождения СССР, т. 3, М.,// Недра.

Лившиц Ю. Я., 2008, (рукопись). В Израиль через Шпицберген и Антарктиду. Как геологи основали в Арктике города Норильск и Талнах (Николай Николаевич Урванцев и Георгий Дмитриевич Маслов).

Норильский Никель.

Музей геологии Центральной Сибири. Сибирские самородки.

Портнов А., 2007, Как англичане украли платину России.

Серебро.

Сидоров А. А. и И. Н. Томсон, 2000, Металлоносность черносланцевых толщ: сближение альтернативных гипотез// Вестник ОГГНРАН, № 1(11).

Урванцев Николай Николаевич.

Хранитель каменных историй.

Arndt N. T., Czamanske G. K, Walker R. J., Cauvel C., Fedorenko V. A., 2003, Geochemistry and origin of the Intrusive Hosts of the Norilsk-Talnakh Cu-Ni-PGE sulfide deposits.// Economic Geology, v. 98. no.3, p. 495–515.

Bonsall T. A., Spry P. G., Voudouris P., Seymour K. S., Tombros S. and Melfos V., 2007, Geology, mineralogy, and geochemistry of carbonate-replacement lead-zinc, silver deposits in Lavrion district, Greece.//GSA Abstracts with Programs, v. 39. no.6, p. 623.

Carroll S., 2005, The viability of the Kalplats Platinum Group Element deposit.//M.Sc. Dissertation, University of Pretoria.

Cawthorn, 1999, The discovery of the platiniferous Merensky Reef in 1924.//South African Geol. Journal vol. 102, no. 3. pp. 178–183.

City of Lavrion.

Comstock Lode.

Mark Hall Mark. how is platinum mined. Html.

Kambalda type komatiitic nickel ore deposit.

Kirk L., King Solomon's Mines. Where was Ofir?

Lavrio (ancient Lavrion).

Merensky Reef.

Naldrett A. J., 2005, The history of understanding of magmatic Ni-Cu sulphide deposits.// The Canadian mineralogist, vol.43, no.6, pp. 2069–2098.

Petrica J., History of silv.

Platinum – History and Investment.

Popular Nevada and V&T Myths 2009, Comstock Silver and the Civil War, Nevada State Seal. 23.01.2009.

Rowland M., 2008, The Silver Kings of Comstock.

Saudi Geological Survey. Gold.

Silver-Minerals and Uses.

Skarpelis N., 2007, The Lavrion deposit (SE Attica, Greece): geology, mineralogy and minor elements chemistry.// Neues Jahrbuch fur Mineralogie-Abhandlungen, v. 183, no. 3, p. 227–249.

Skrapelis N., Tsirouros B., and Pe-Piper G., 2008, The Miocene igneous rocks in the Basal Unit of Lavrion (SE Attica, Greece): petrology and geodynamic implications.//Geological Magazine, v. 145, no. 1, p. 1 – 15.

The silver mines of Lavrion.

Vickre P. G. 1989, Fluid-mineral relations in Comstock Lode.//Economic Geology, v. 84, no. 6, p. 1574–1613.

Voudoris P., V. Molfas P. G. Bonsalls S. T., Tarkian M., Econoumon-Elliopoulos M. 2008, Mineralogical and fluid inclusion constraints on the evolution of the Plaka intrusion-related ore system, Lavrion, Greece.//Mineralogy and Petrology, v. 33, no. 1–2, p. 79 – 110.

Vudoris P., Meltos V., Spry P. G., Bonsell T. A., M. Tarakis M., and Solomos Ch., 2008, Carbonate-replacement Pb-Zn-Ag and Au mineralization in the Karamiza area, Lavrion, Greece.// Mineralogy and Petrology, v. 94, no., 1–2, Sept. 2008, p. 85 – 106.

Глава 1.8. Месторождения калийных солей

Шахтная добыча галита началась в Германии в 1818 году. До того соль добывалась из водных растворов, закачиваемых в солевые пласты. Двадцать лет спустя началось бурение, в результате которого было установлено, что вперемешку со слоями галита расположены крупнейшие (на тот момент!) в мире залежи калиевых солей. Мощность соленосной толщи в районе Штасфурта превышает 1170 метров. Накопление ее произошло в пермское время (286–220 миллионов лет назад) в лагунах теплого моря. Судя по мощности соленосной толщи, испарение воды шло на протяжении длительного периода времени. Связь с океаном неоднократно прерывалась. Вначале осаждались известь и ангидрит, затем галит. Легкорастворимые соединения калия и магния кристаллизовались относительно поздно. Сверху отлагались тонкие прослойки глинистых минералов, предохранявших соли от растворения.

Калий становился одним из элементов, готовящих новую, вторую промышленную революцию 1870–1914 годов *(Mokyr, and Strotz, 1998)*. Соли калия незаменимы как минеральное удобрение, резко повышающее урожайность.

Калиевые соединения используются как катализатор в производстве некоторых видов синтетического каучука, и в лабораторной практике. Сплав калия с натрием служит теплоносителем в атомных реакторах. Цианистый калий – основной компонент, применяемый для извлечения золота и серебра из руд. Бромистый калий незаменим в фотографии, йодистый калий – в медицине, углекислый калий – в стекольном и мыловаренном производстве, фосфаты калия – компоненты моющих средств, хлорид калия используется в производстве спичек и пиротехнике *(Долгина, 2002)*.

Сейчас в Германии разработки ведутся в районе Магдебурга (Саксен-Анхальт), Тюрингии и Баварии. Крупнейшим в Европе производителем калия является калиевый комбинат Верра Меркерс и разработки в районе Росслебен, Тюрингия. Здесь добывают сильвинит и карналлит. Добыча этих минералов еще в XIX веке привела к созданию мощной химической промышленности и монопольному производству калия. В соответствии с нуждами века, на базе добываемых калиевых солей была организована крупнейшая химическая компания. Она использовала высококвалифицированные научно-технические кадры Германии. Позднее, в 1923 году, она стала печально-знаменитой И. Г. Фарбениндустри. Компания изначально была теснейшим образом связана с государственной системой, работала на вооружение германской армии и прямо способствовала приходу к власти фашистов. Монополии легко могут быть использованы любым политическим режимом. Так и произошло с германской химией. С 1933 года нацистский режим диктовал задачи промышленности. Так И. Г. Фарбениндустри стала основным производителем Циклона Б, обеспечивавшего «окончательное решение» еврейского вопроса. После поражения фашистской Германии Фарбениндустри была разделена на три различных компании. Но предприятия этих компаний и по сей день играют важнейшую роль в немецкой промышленности. Достаточно сказать, что на них работает более 300 тысяч человек. Монополии всегда разбойны, они диктуют свои условия потребителям. Калийные удобрения с самого начала продавались только за золото. Если в какой-то год заказчик не выбирал запланированного количества, его навсегда исключали из числа потребителей.

Рис. 1.8.1. Соликамский магниевый завод.

В России месторождения калиевых и калий-магниевых солей были открыты в пермском районе западного Приуралья, близ нынешних Березников. Здесь располагались издревле известные месторождения каменной соли, разрабатывавшиеся еще до Ивана Грозного. В 2005 году городу Соликамску исполнилось 575 лет. Здешняя соль-пермянка отличалась красноватым цветом (из-за примеси калиевой соли сильвинита), была грязновата на вид и не очень-то высоко ценилась, особенно после того, как в конце века появились новые источники чистой каменной соли. Впервые голубоватые и розоватые прослойки в галитовой толще были обнаружены при бурении в 1906 году инженером Николаем Павловичем Рязанцевым. Он передал их на определение немецкому специалисту в Санкт-Петербурге, и тот дал заведомо ложное заключение о том, что «содержание калия крайне мало». На этом история поисков приостановилась до 1918 года. В этом году в Соликамск приехал представитель Российского геологического комитета. Ознакомившись с образцами Рязанцева, он сразу дал заключение о вероятности находки в районе богатых месторождений калиевых солей. Химический анализ полностью подтвердил его выводы. Работа по поискам месторождения калиевых солей была передана под руководство ученого-практика Павла Ивановича Преображенского. До революции он работал в Геологическом департаменте в Санкт-Петербурге. В 1918 году он был послан в экспедицию в Сибирь. Оказавшись в расположении армии адмирала Колчака, он был назначен министром его правительства, и оставался на этом посту до полного разгрома белой армии. Преображенский был арестован «красными» властями, но, учитывая его большой опыт, сибирский Реввоенсовет направил его в Соликамск. Здесь на протяжении 10 лет Преображенский вел свои исследования. Результат – в 1925 году Соликамску был вновь присвоен статус города. В 1927 году началось строительство горно-обогатительного комбината, который и был пущен в строй в 1934 году. Его предполагаемая годовая производительность составляла 500 тысяч тонн продукции. В 1936 году пущен в строй Соликамский магниевый завод.

В 1906–1907 при проходке Людмилинской скважины на глубине 37 сажен (около 79 метров) был вскрыт пласт галита. В 1911 году горный инженер И. Н. Глушков высказал мысль о большом размере месторождения и необходимости разведки калийных солей в Прикамье.

Рис. 1.8.2. Людмилинская скважина.

В 1916 году академик Курнаков исследовал образцы красной соли, доставленные из Соликамска инженером Г. Дерингом и обнаружил в них высокое содержание KCl=33.6 % и NaCl=65.14 %. Рентабельность месторождения была очевидна. Но начавшаяся война помешала осуществлению проекта. В 20-х годах XX столетия здесь работала геологическая экспедиция, возглавляемая профессором Пермского университета Павлом Преображенским. В ночь с пятого на шестое октября 1925 года скважина на правом берегу реки Усолки на глубине 91.7 – 92.3 метров вскрыла пласт калийных солей с содержанием KCl=17.9 %. Этот день считается днем рождения отечественной калийной промышленности.

Рис. 1.8.3. Образец сильвинита с галитом.

Размеры месторождения поражают. Оно занимает площадь более 20 тысяч квадратных километров. Разведанные запасы калиево-магниевых солей составляют 10 миллиардов тонн – около 90 % мировых запасов. При этом глубина залегания пластов калийсодержащих солей ближе к поверхности, чем на месторождениях Германии и Франции. Но мне куда больше, чем эти сухие цифры, говорит рассказ одного из тех, кто вел с нами практику по курсу минералогии, Н. К. Разумовского – одного из участников разведки месторождения калиевых солей. Он как-то в минуту откровенности вспоминал: «Прошли мы скважину. Огромная

мощность соленосной толщи. Отошли на 500 метров, прошли вторую – тот же результат. Отошли на километр – все то же. Тогда мы на 10 километров отошли, и опять скважину задали – опять то же самое. Ну – тут мы поехали в Ленинград писать отчет о том, что ничего подобного нигде нет!». И рассказывал, как сейчас помню, ровным голосом, скрывая навек оставшееся изумление.

Рис. 1.8.4. Структура сильвинитового пласта.

В 1927 году в лесу около Соликамска был забит первый колышек на месте будущей калийной шахты. Строительство велось под руководством немецких специалистов. Расплатой за «ударные» темпы строительства были постоянные аварии. Они начались буквально с первых дней работы. На 60-м метре первой шахты случился обвал. Но авария была ликвидирована, и 1 мая 1930 года со станции Соликамск были отравлены первые 5 вагонов, груженые отечественными калийными солями *(Маркелова, Агапова, 2006)*.

Кто-то должен был вести это ударное строительство, и здесь создается один из первых крупных островов архипелага ГУЛАГ, неофициально называемый Республикой УССОЛЛАГ (прямая перекличка с названием Республики Диггеров в Витватерсранде, но какова разница!). Он занимал почти весь север Пермской области. Размеры его 270×220 кв. км. На 1 февраля 1939 в Соликамске работали 34 403 заключенных, на 10 февраля 1945 года здесь их было уже 36 456. Рабочая сила состояла из репрессированных и спецпереселенцев – молдаване, литовцы, казаки, раскулаченные всех народов. В годы войны в район направляется большое число так называемых «трудармейцев» (10 января 1942 года их насчитывалось здесь 67 981 человек) *(Долгина, 2005)*.

При стратегическом значении продукции и «специфическом» характере трудовой силы работа комбината шла от аварии к аварии. Причины всех аварий немедленно относились к проискам иностранных агентов и партийных оппозиционеров. Судебные процессы шли непрерывно на различном уровне от директора комбината Владимира Ефимовича Цифриновича, оперативно осужденного и расстрелянного в 1938 году, до рабочих и даже ассенизаторов. Обстановка на комбинате ярко характеризуется эпизодом времен Второй мировой войны. Требовалось срочно увеличить выпуск карналлита, для чего предлагалось перейти от пневматической отбойки карналлита к добыче его методом взрывных работ. Этот способ в условиях калиевого рудника считался вредным и опасным. Но эксперты пришли к единодушному мнению о том, что применение взрывных работ не только возможно, но и необходимо. В итоге добыча выросла по сравнению с 1940 годом более чем в четыре раза. Насколько выросла смертность рабочих в результате этих новаций, остается неизвестным. Но фронт получил свое, в том числе, как предполагается, и химическое оружие.

Соликамские месторождения солей знамениты и другим – здесь произошла, по выражению российской прессы, крупнейшая техногенная катастрофа XXI века.

Березники, город, располагающийся на территории месторождения, испытал последовательную серию провалов почвы. Общий диаметр крупнейшего из них достиг 80×55 метров при глубине 15 метров. Провалы осложнялись техногенными сейсмическим явлениями. Власти уверяют, что ситуация с провалом Березников находится под контролем, и называют провал «прогнозируемым явлением». Параллельно с провалом в Березниках произошло разрушение значительного отрезка железнодорожной линии.

Рис. 1.8.5. Воронка, образовавшаяся при катастрофическом провале почвы в Березниках.

За громкими именами месторождений мирового класса и не менее звонкими названиями заключенных в них минеральных богатств – золото, алмазы, нефть, редкие металлы, как-то затертым оказалось одно из крупнейших открытий, сделанных российскими геологами – обнаружение крупнейшего в мире Старобинского месторождения калиевых солей. Открытие месторождения было буквально результатом профессионального подвига российских геологов. Месторождение залегает под покровом нескольких сот метров горизонтально-лежащих толщ осадочного чехла платформы. Оно никак не выражено в физических полях, так что оно могло быть открыто только в итоге тщательного анализа всех геологических данных, реконструкции палеоусловий осадконакопления и последующего оконтуривания месторождения бурением. Потребность в солях калия непрерывно растет и, в конечном счете, это месторождение стало одним из наиболее прибыльных. Оно было открыто в 1949 году. Его освоение началось в 1958 году и первая очередь Солигорского комбината начала работать в декабре 1963 года. В 1980-х годах месторождение производило 17 % мировой продукции калиевых солей (5 млн. тонн ежегодно, 40 % из которых шло на экспорт). После модернизации оно стало давать 10 млн. тонн руды в год. В 2003 году была добыта миллиардная тонна руды. Объем добычи в 2007 году превысил 8 млн. тонн (в физическом весе) из них 7 216 тонн пошло на экспорт. Совместно с российской компанией Уралкалий предприятие является основателем компании Белорусская калийная компания. В последующие годы в условиях российского «бандитского капитализма» в 2008 году российский миллиардер Сулейман Керимов, близкий к В. В. Путину и уже испытанный в сходных делах (он активно участвовал в «вытеснении» иностранных инвесторов из Архангельского месторождения алмазов), начал выкуп российских компаний Уралкалий и Сильвинит с целью установления контроля над мировым рынком калиевых солей. Россия активно лоббировала интересы Керимова. Но переговоры с Белоруссией о продаже Белруськалия зашли в тупик.

А учитывая, что Уралкалий контролирует белорусская сторона, инвестиции Керимова оказались под угрозой.

Заканчивая очерк, следует упомянуть о проекте создания центра химической (или химико-металлургической) промышленности на Мертвом море в Израиле. Это – бессточное озеро, протянувшееся на 76 километров вдоль границы Израиля с Иорданией, заполняя рифтовую впадину Эль Гхор. При ширине 4 – 17 км, оно представляет, по сути, то же самое Соликамское месторождение, но находящееся на стадии формирования. Вода в озере до предела насыщена солями калия и магния. Каждый литр этой уникальной воды содержит 170 грамм хлорида магния. Само название озера в переводе с арабского и иврита означает «море соли». Для разработки месторождения здесь не нужны горные работы – качай воду и извлекай полезные компоненты. Освоением богатств Мертвого моря занимается совместная компания JORMAG, на 65 % принадлежащая компании «Израиль Кемикалс» и на 35 % компании Фольксваген. Менеджмент компании располагается в США. Предполагается, что магний будет извлекаться за счет электролитического разложения карналлита. В проекте использования минеральных богатств Мертвого моря соединились природные ресурсы Палестины, разработанная в России (в Соликамске!) технология получения металлического магния и инвестиции Германии. На берегу озера стояли легендарные библейские города Содом и Гоморра и были известны соляные столбы. Озеро еще с 30-х годов рассматривалось пионерами будущего Израиля как потенциальный источник огромных богатств. Американские сионисты даже посылали сюда своих детей работать на разведке потенциальных солевых месторождений. Здесь в течение двух сезонов работал Гёрсон Броди – будущий первооткрыватель уранового Щварцвальдера в предгорье Скалистых гор Колорадо. Сейчас ведутся подготовительные работы по проекту. Важно осуществить его, не нарушив равновесие хрупкой экосистемы Мертвого Моря.

А пока в море вода еще не исчезла, оно служит уникальным мировым оздоровительным курортом и одним из самых замечательных туристских объектов Израиля.

Литература

Беларуськалий. Википедия. История.

Mokyr, J., and Strotz, R. H., 1998, The Second Industrial Revolution, 1870–1914.

Глава 1.9. Самый, самый

Алмаз – особый минерал почти во всех отношениях. Он самый твердый из всех минералов. Он обладает уникальным блеском. Красота его лучших образцов воистину неповторима. Поэтому с древнейших времен он использовался для производства украшений и считался магическим камнем. Уникальные физические свойства алмаза привели к тому, что он с XIX века составил основу производства металлорежущего инструмента и абразивов, широко применяется в процессах бурения, а в XX веке стал широко применяться в электронике, телекоммуникациях, медицине и науке. Важной чертой, привлекающей внимание геологов к алмазу, является то, что он отражает физико-химические условия в недоступных пока прямому наблюдению глубинах.

Большой показатель преломления, наряду с высокой прозрачностью и достаточной дисперсией показателя преломления (игра цвета) делает алмаз одним из самых дорогих драгоценных камней. В этом качестве он с древнейших времен и использовался в ювелирном производстве. В естественном виде он не красив. Красоту ему придает огранка, создающая условия для многократных внутренних отражений света *(Алмаз, Я ценитель. Применение алмазов.)*

Другим важнейшим качеством алмаза является его высочайшая среди минералов прочность (твердость). Недаром греки называли его адамант (несокрушимый). Это его свойство сделало алмаз основой для производства металлорежущих и буровых инструментов и абразивных порошков высочайшего качества. Ни одно современное производство не обходится без алмазных инструментов: сверл, фрез, резцов, шлифовальных кругов, стеклорезов.

Алмазные лезвия скальпелей имеют сверхтонкие края, что уменьшает ширину разрезов, что обеспечило широкое применение их в хирургии. Углерод не вызывает иммунной реакции в организме, поэтому все большее применение находят алмазные имплантанты. кристалл алмаза позволяет нескольким сигналам на разных частотах пройти одновременно по кабелю. Это определило возможность широкого использования алмазов в области телекоммуникаций. Тепло проходит через алмаз гораздо быстрее, чем через медь. Это делает его незаменимым в микроэлектронных устройствах, применяемым в местах, где много тепла генерируется на небольшом пространстве. Алмазные окна обеспечивают защиту в научных экспериментах, например с использованием кислот или расплавленной пластмассы. Прозрачность алмазных окон позволяет следить за состоянием вещества при применении инфракрасных приборов.

Вследствие высокой ценности кристаллов алмаза единицей измерения его веса является карат (0.2 грамма). Цена алмаза до обработки резко варьирует в зависимости от физических свойств минерала. Технические алмазы дешевы: обычно цена их колеблется от 10 до 20 долларов за карат. Цена ювелирных алмазов до обработки зависит от величины, цвета и чистоты камня и доходит до миллиона долларов за карат. Алмазы ювелирного класса составляют лишь часть общей продукции алмазных месторождений.

Инженер Л. Девис в 1955 году писал, что «для такой технически развитой страны как США значение технических алмазов не может быть переоценено. В США ежегодно потребляется 12 миллионов каратов алмазов стоимостью 50 миллионов долларов. Подсчитано, что если бы эта страна была отрезана от источников снабжения алмазами, ее промышленный потенциал за очень короткое время упал бы наполовину.

Не удивительно, что вопросам геологии алмазных месторождений, петрологии и минералогии алмаз-содержащих пород посвящено огромное количество (целая библиотека) публикаций. В настоящей книге мы остановимся лишь на наиболее значительных этапах их

изучения и истории открытия месторождений, желая дать читателю своего рода пунктирный путеводитель по проблематике, связанной с алмазными месторождениями.

Алмазы известны с древнейших времен. До XVIII века единственными поставщиками алмаза были Индия и остров Борнео. Первоисточником почти всех «исторических алмазов», наиболее крупных ювелирного класса камней, принадлежавших выдающимся историческим лицам, послужили месторождения северо-восточной Индии. Название местности, с которой была связана значительная часть алмазов Индии – Голконда, стало синонимом богатства. Любопытно заметить, что месторождения с таким названием никогда не существовало. Это – просто название торгового городка, где активно перепродавались алмазы, добытые в окрестных россыпях рек долины Кришна (или Кистна), в реках Пеннер, Годвари, Карнаул и, возможно, алмазоносном районе Махандари на севере Индостана. В 1622 году англичанин Метголд посетил район Голконды и описал его. Добыча алмазов на индийских месторождениях изображена на рис. 1.9.1. Всего из района Голконды происходят 13 из 18 «исторических алмазов». Среди них такие знаменитые кристаллы как Кохинор, великий Могол, Орлов, и голубой алмаз Хоуп.

Рис. 1.9.1. Добыча алмазов в Индии (со старинной гравюры по Метголд, из Эрлих, 2006).

Индийский фольклор наполнен рассказами об алмазах. По традиции считается, что гигантский алмаз, известный как Кох-и-Нур принадлежал королю Крака, правившему империей Анга во времена эпоса Махабхарата, то есть около 6000 лет назад *(Matur, 1982)* Среди индийских алмазов был необычно много камней ювелирного класса. Они составляют до 40 % от общего количества добываемых алмазов *(Miller, 1996)*. Недаром именно индийские камни составляют большинство так называемых исторических алмазов. Отсюда, из Индии, алмазы проникли на Ближний Восток. Они упоминаются в книге пророка Иезекииля в Библии (примерно 1000 лет до нашей эры), *(Miller P., 1996)*.

Первые сведения об алмазах Бразилии относятся к середине XVIII века. По описанию А. Бугенвилля, посетившего Рио де Жанейро во время своего кругосветного путешествия в 1762 году, на расстоянии 75 лье (1 лье – 4445 метров) от Рио де Жанейро находятся прииски, называемые «главными». Под этим общим названием понимают прииски Рио дес Морос, Сабира, Серо-фрио. Они дают португальскому королю одну пятую часть доходов. На них, кроме золота, добываются и все бразильские алмазы. Владельцы приисков продают продукцию (концентрат) королевскому комиссару, который складывает ее в специальный ящик, обитый железом и снабженный тремя замками. Первый ключ принадлежит королевскому комиссару, второй – вице-королю, третий – поставщику королевского казна-

чейства. Вице-король не имеет права проверять содержимое ящика. Он лишь укладывает все в денежный сундук и отправляет в Лиссабон. Общая ежегодная добыча концентрата составляет 112 арроб, в 1762 году она составляла 119 арроб (арроба – иберийская мера веса и объема, 1 арроба равна 32 португальским фунтам, т. е. 14 688 кг). Несмотря на все предосторожности и строгость наказаний за кражу алмазов, они служат предметом безудержной контрабанды.

С 1725 года на рынок начали поступать алмазы из Бразилии. Но главные находки бразильских алмазов относятся к концу XIX века. Отсюда происходят десять крупнейших алмазов мира, в том числе такие, как Гойас (726 карат) и Варгас (600 карат). В противоположность Индии Бразилия в основном поставляла технические алмазы. Это относится как к собственно алмазам, так и к так называемым карбонадо. Все бразильские алмазы добывались из россыпей. Бразильская алмазодобывающая промышленность явилась главным источником *карбонадо.* В 1980 году из бразильских россыпей было извлечено 800 000 карат алмазов.

Но истинная алмазная история бразильских алмазов началась с алмазной лихорадки первой половины XVII века. Внимание Бернардо Франсиско Лота привлекли необычные фишки, используемые местными игроками. Он получил их в подарок и представил их губернатору, отправившему их на экспертизу. Заключение экспертов было единодушным: это алмазы! Бернардо вернулся в район с перекупщиками, начавшими скупку камней. После этого началась настоящая алмазная лихорадка. Она распространилась на соседний район Теун сити (Teune city), позднее переименованный в Диамантину (город алмазов). Россыпи были найдены также вдоль реки Рио Абэте (Abaete), рек Сан-Франциско, Багаздаш (река Парана), Гойас (Рио Клара). Наличие крупных кристаллов в россыпях указывало на близость коренных источников. К 1967 году в результате систематических поисковых работ в Бразилии было открыто более 300 кимберлитовых тел. Основную массу бразильских алмазов составляли относительно мелкие кристаллы технических алмазов и округлые зерна карбонадо, которые насытили спрос мирового рынка на технические алмазы для металлорежущего инструмента и абразивных нужд.

В конце XIX века запасы технических алмазов и карбонадо в бразильских россыпях пошли на убыль. Тем не менее, интенсивная добыча их из россыпей продолжалась. В 1980 году общее производство технических алмазов и карбонадо в Бразилии оценивалось в 1987 тысяч карат, в 1980 году в 800 тысяч карат. С понижением потенциала бразильских россыпей место Бразилии перешло к открытым в 1990-х годах россыпям Центрально-Африканской республики. Бразильские карбонадо были заменены аналогичными кристаллами карбонадо, называемыми «карбон» из месторождений Центрально-Африканской Республики. Россыпи сосредоточены в морских терригенных отложениях, заполняющих котловину Конго (рис. 1.9.2).

Рис. 1.9.2 Добыча алмазов из морских россыпей в Центрально-Африканской республике. Алмазы, добытые из этих песков, служат основным материалом для металлорежущих инструментов во всем мире.

До середины XIX века все мировые алмазы добывались из россыпей, и первичный их генезис был неизвестен. Положение изменилось, когда в конце 1966 года пятнадцатилетний Эразмус нашел на ферме своего отца в Южной Африке прозрачный камень и отнес его в банк, где он был определен как алмаз. Началась одна из крупнейших в истории рудных лихорадок – южноафриканский алмазный бум. В течение следующих 15 лет в Южной Африке было добыто больше алмазов, чем в Индии за предшествующие 2000 лет. В 1870 – 1880-х годах алмазные рудники района Кимберли в Южной Африке производили алмазы, стоимость которых составляла 95 % стоимости мировой продукции.

Рис. 1.9.3. Город Кимберли и воронка на месте одноименной трубки.

В 1870 – 80 годах алмазные рудники района Кимберли производили алмазы, стоимость которых составляла 95 % стоимости мировой продукции. История консолидации алмазодобывающей промышленности и осуществления контроля над рынком алмазов была рассмотрена в разделе главы 1.8, посвященном крупнейшему в мире золоторудному месторождению Витватерсранд.

В 1872 году был описан новый тип породы, в которой встречались алмазы, и он получил название *кимберлит* по имени близлежащего города, носившего имя английского губернатора. Позже, с 1887 года этот термин официально вошел в научную литературу и с тех пор он пошел гулять по свету. Крайнее выражение веры в магическую силу самого имени Кимберли можно видеть в том, как суеверные старатели использовали его в разных райо-

нах мира, привлекая удачу. Именем Кимберли называется алмазоносный район в Западной Австралии, где были найдены алмазы, название Американский кимберлит было присвоено самому большому потенциально-алмазоносному участку в штате Арканзас в США. И это только два из многих примеров.

Рис. 1.9.4. Модель идеализированной магматической системы, иллюстрирующая соотношение между кратером, диатремой и гипабиссальными фациями. Последние включают силлы, дайки, корневые зоны и раздувы (рисунок из Mitchell, 1986 по Erlich and Hausel, 2006).

Поиски алмазных месторождений дают, пожалуй, самые драматические примеры создания генетических моделей их образования и соответствующих методов их поиска. Характер связи алмазов с алмазсодержащими породами – кимберлитами и по сей день точно не установлен. Остается неясным важнейший вопрос: являются ли алмазы порождением кимберлитовой магмы или кимберлиты просто служат средством транспортировки алмазов из глубин. В пользу последнего предположения как будто говорит резкое различие возраста кимберлитов и алмазов. Тем не менее, устоявшиеся представления о неразрывной связи алмаза с кимберлитами было возведено в ранг закона и поисковые компании руководствовались простым правилом: есть кимберлит, есть и алмазы, нет кимберлитов, и алмазов быть не может (по крайней мере, в значительных количествах).

Рис. 1.9.5. Региональная система кимберлитовых даек Лесото (по Зубареву, 1989).

Сам вопрос о природе кимберлита долгое время был предметом острых дискуссий. Основные находки южноафриканских кимберлитов были сделаны в долинах рек, где в речных отложениях присутствовало много округлых выделений, которые легко было принять за окатанные речным течением гальки. Поэтому сами кимберлиты рассматривались как просто осадочные породы. Драматизм споров о природе кимберлитов ярко отражает эмоциональное высказывание одного из ранних исследователей конца XIX века «Кимберлиты определенно представляют собой осадочные породы. Если будет доказано, обратное, я буду считать, что напрасно прожил свою жизнь». До выхода в свет классического труда А. Вагнера, неоспоримо доказавшего, что кимберлиты являются вулканическими породами, осталось 15 лет.

Среди историй находок алмазных месторождений в разных районах мира одной их самых поучительных историй является история открытия алмазных месторождений Австралии. Она будет детально рассмотрена чуть позже, в главе 2.5, посвященной роли науки в поисках месторождений. Результатом открытия алмазных месторождений Австралии и описания нового типа алмазоносных пород – лампроитов стала так называемая «лампроитовая революция» – интенсивный поиск месторождений алмазов, связанных с лампроитами, описание этих пород привело к пересмотру природы целой серии тел, ранее считавшихся связанными с кимберлитами, и обнаружению новых месторождений. Содержание алмазов в австралийских лампроитах значительно превышает среднее содержание их в кимберлитах по всему миру. Трубка Аргайл содержит 7 карат алмазов на тонну породы. По большей части здесь добывались недорогие ювелирные алмазы. Однако, хотя и редко, здесь также обнаруживаются уникальные розовые алмазы, спрос на которые в мире так велик, что они продаются индивидуально на специальных аукционах.

Ценность алмазных месторождений так велика, что поиски их продолжаются с неослабевающей интенсивностью. Так что неудивительно, что продолжаются и значительные находки. Серия таких находок была сделана в соседней с Южноафриканской республикой Ботсване. В 1967 году здесь была открыта трубка Орапа, которая по настоящее время является третьей в мире по запасам алмазов. Чуть позже, в 1973 году была открыта трубка Джваненг, в 1977 году – трубка Летлахкане, в настоящее время полностью отработанная.

За столетие исследование алмазных месторождений внесло огромный вклад в геологические науки. Данные по петрологии и минералогии кимберлитов сведены в классических исследованиях Дж. Б. Доусона *(Dawson, 1980)*, Р. Митчелла *(Mitchell, 1986)*. Лампроиты и их петрология канонизированы в монографии Р. Митчелла и С. Бергмана *(Mitchell and Bergman, 1991)*.

Было установлено, что формирование кимберлитовых тел не обнаруживает никакой связи с процессами субдукции ни пространственно, ни во времени *(Williams and Williams, 1977, Newton and Gurney, 1975)*. Важнейшим шагом в разработке закономерностей структурной локализации кимберлитов явилась статья Т. Клиффорда *(Clifford, 1966)*, установившая закономерную связь кимберлитов с кратонами. Предполагалось, что формирование кимберлитовой магмы соответствует времени крупнейших структурных преобразований – кратонизации коры этих структур (правило Клиффорда). При этом имелись в виду исключительно древние платформы, кратонизация которых имела место в докембрийское время. Эта закономерность тут же была взята на вооружения поисковыми компаниями. Однако анализ пространственного распределения кимберлитов показывает, что это не так. Начнем с того, что древнейшие по времени разработки алмазные месторождения располагались в той части острова Борнео, которая является типичным срединным массивом *(Соболев. 1951)*. Точно такими же срединными массивами являются Чешский массив *(Копецкий, 1960)*, плато Колорадо и Вайомингский кратон. Таким образом, речь идет о совпадении времени образования

кимберлитовой магмы на глубине со временем кратонизации, вне зависимости от времени последнего процесса и размера блока новообразованного кратона. Следование этому правилу привело к открытию кимберлитовых трубок на срединных массивах в зоне перехода от океана к континенту на российском Дальнем Востоке динном массиве центрального Памира *(Дмитриев, 1974)* и алмазных месторождений в метаморфидах срединных массивов Казахстана *(Абдукадырова и Зайончковский, 1996)*. В пределах кратонизированных блоков локализация кимберлитов определяется зонами глубинных разломов, связанными с глубинными сдвигами *(Воронов, Эрлих, 1962)*. В общей форме эта закономерность была сформулирована в монографии автора и Дэна Хаузела *(Erlich, Hausel, 2002)*.

Ряд противоречивых черт кристаллов алмаза вызвали дискуссию о их природе и соотношении с кимберлитами. С одной стороны, кристаллы сохраняют тонкие черты морфологии и отмечается связь алмазоносности кимберлитов с характером их химизма *(Милашев, 1989)*, что свидетельствует в пользу порфирокристаллического их генезиса. С другой стороны, резкая разница в возрасте включений в алмазах и временем внедрения кимберлитов и отчетливые следы пластической деформации кристаллов алмазов являются подтверждением их ксеногенной природы.

Кратонизация коры платформенных блоков происходит параллельно с образованием авлакогенов – крупных линейных депрессий контролирующих зоны образования магм, с которыми связано образование серии интрузий ультраосновного щелочного состава. Они характеризуются высокими положительными магнитными аномалиями и аномалиями поля силы тяжести. Таковы зоны Таймырско-Байкальского авлакогена, пересекающего всю Сибирскую платформу от полуострова Таймыр на севере до озера Байкал на юге, Уджинский авлакоген, идущий от Уджинского поднятия на севере до Маакской излучины реки Оленек на юге и, наконец, так называемый Мид-Континент Хай – линейная зона положительных магнитных аномалий и аномалий поля силы тяжести, пересекающая американский континент (см. рис. 1.9.4). Они выполнены рифейскими толщами, мощность которых достигает 1.5–2 км и зачастую имеют субмеридиональное простирание, пунктирная длина их составляет от нескольких сот до тысячи км, ширина – десятки километров.

Рис. 1.9.6 Геофизические характеристики глубинной рифтовой зоны Мид-Континент Хай (из Lee and Kerr, 1984 по Erlich and Hausel, 2002). Пунктиром показаны границы штатов, латинским буквами отмечены принятые обозначения их названий.

Рис. 1.9.7. Схема геодинамики северо-восточной части Сибирской платформы. Из Erlich, Hausel, 2006.1 – мезозойские отложения; 2 – пермские отложения; 3 – кембрийские отложения; 4 – рифейские отложения; 5 – архейский кристаллический комплекс; 6 – интрузии удьтраосновных-щелочных пород; 7 – силлы и вулканические породы трапповой формации; 8 – кимберлитовые дайки и трубки: а. установленные; б – предполагаемые; 9 – меловые вулканические породы, связанные с Попигайской кольцевой структурой; 10 – трещины растяжения; 11 – Разломы с наблюдаемым горизонтальным смещением; 12 – зона начального сдвига; 13 – положительные магнитные аномалии вдоль предполагаемого рифейского авлакогена; 14 – куполовидные поднятия; 15 – аномалии магнитного поля и поля силы тяжести, связанные с погребенными интрузиями ультраосновных-щелочных пород; 16 – флексуры; 17 – Основное направление предполагаемого давления; 18 – складки пород осадочного чехла. красной стрелкой показано предполагаемое направление вращения (модифицировано из Воронов, Эрлих, 1962).

В период формирования осадочного чехла платформы отмечается существование так называемых пар структур осадочного чехла, равных по площади, но характеризующихся обратным знаком движений. кимберлитовые тела обнаруживают тенденцию к локализации по границам составляющих тектонопары структур (рис. 1.9.8). Границы составляющих тектонопары структур отвечают зонам разломов фундамента, обычно носящих характер глубинных сбросо-сдвигов.

Рис. 1.9.8. Тектонопары структур осадочного чехла Сибирской платформы. Элементы нижнепалеозойской тектонопары: 1 – сравнительно поднятые блоки, отвечающие территории Анабарского щита, 2 – сравнительно опущенные блоки, перекрытые мощной толщей кембрийских известняков, Элементы верхнепалеозойской тектонопары: 3 – относительно поднятый блок, 4 – относительно опущенный блок; 4 – крупные долеритовые дайки, 6 – оси линейных магнитных аномалий, связанных с дайками долеритов, 7 – линейные трещинные зоны, заполненные долеритовыми интрузиями, 8 – главные разломы, геологически наблюдаемые, 9 – предполагаемые зоны глубинных сбросо-сдвигов, 10 – зона Анабаро-Мунского глубинного разлома, 11 – границы области постоянной седиментации мезозойского времени, 12 – верхнемеловые пирокластические породы, связанные с Попигайской депрессией, 13 – кимберлитовые поля, 14 – наложенные впадины, заполненные мощной толщей неконсолидированных четвертичных отложений (по Erlich and Hausel, 2002).

Образование тектонопар объясняется восстановлением изостатического равновесия в результате перетекания глубинного вещества. в ходе этого процесса на границе составляющих тектонопару блоков возникают глубинные разломы типа глубинных сбросо-сдвигов.

Характерным примером являются широтные глубинные разломы, проходящие параллельно южному ограничению Анабарского щита. По ним верхняя кромка метаморфических толщ фундамента погружается на несколько сот метров. вдоль этих разломов располагается узкая линейная депрессия, заполненная рыхлыми толщами четвертичных осадков мощностью до 1500 метров. По этому и подобным разломам происходит горизонтальное смещение магнитных аномалий, связанных с породами толщ фундамента платформы. Амплитуда горизонтальных перемещений составляет 4–6 км.

В пределах кратонов кимберлитовый вулканизм обнаруживает четкую связь с блоками, испытывающими медленное постоянное поднятие *(Pretorius, 1973, Эрлих, 1962)*. Локализация отдельных массивов связывается с вихревыми структурами вращения. Разбор этой модели на примере северо-восточной части Сибирской платформы был приведен в работе П. С. Воронова и Э. Н. Эрлиха *(Воронов, Эрлих, 1962)*. Позднее общая модель была рассмотрена в монографии об алмазных месторождениях *(Erlich, Hausel, 2002)*. Вращение блока в пределах вихревой структуры на северо-востоке Сибирской платформы подтверждается различием динамической обстановки на ее крыльях.

Отмирание разных форм проявления авлакогенов происходит с разной скоростью. В результате они отмирают в их тектонической форме на поверхности, но продолжают существовать в виде сохранившейся на глубине магмы. В результате при каждом последующем

пульсе сжатия в близповерхностные горизонты поступает очередная порция магмы. Это отчетливо проявляется в пределах западного склона Анабарского щита. Авлакоген рифейского времени в его структурном выражении отмирает, но вдоль простирания его оси формируется серия интрузий ультраосновного-щелочного состава, образующих Котуй-Маймечинскую провинцию.

Алмазные месторождения, связанные с дайками, детально рассмотрены Б. Зубаревым *(1989)*. Отмечается различие даек, служивших питающими каналами диатрем и региональных систем кимберлитовых даек. В Лесото описан пояс кимберлитовых даек, состоящий из 299 трещинных тел и 21 раздувов в серии Уитифайд. Общая протяженность зоны около 16 км. Мощность даек достигает 1 метра. Другая линейная система даек описана к северу в районе поля Кронстадт. Протяженность ее составляет 6 км, мощность даек достигает 1.2 метра. Промышленно алмазоносные дайки кимберлитов обнаружены в Гвинее, Мали, Сиерра Леоне, Либерии. Содержание алмазов в дайках невелико, но они служат источником материала для промышленных россыпей. Кимберлитовые дайки обнаружены в районе Джордж Крик в Колорадо. Содержание алмазов по данным крупнообъемного опробования колеблется от 0.18 до 1.35 карат на тонну. Содержание алмазов в дайках ниже, чем в связанных с ними трубках, и габитус кристаллов в обоих типах тел различен. Эти различия не подтверждают предположение о том, что слагающие эти тела кимберлиты принадлежат к единой фации магматической системы (Харькив, 1975).

Рис. 1.9.9. Розы-диаграммы длинных осей кимберлитовых трубок, показывающие различие динамической обстановки внедрения кимберлитов на разных крыльях вихревой структуры северо-восточной части Сибирской платформы. Длинные оси кимберлитовых тел на западном ее крыле имеют широтное простирание, то есть ориентированы под острым углом к простиранию глубинного разлома вдоль склона Анабарского массива. Длинные оси кимберлитовых тел на восточном крыле вращающего блока имеют северо-восточное простирание, отражающее обстановку общего растяжения. Из Erlich and Hausel, 2002.

Сложенные кимберлитами силлы описаны Дж. Хоторном *(Hawthorne, 1968)*. Породы, слагающие силы, напоминают кимберлиты, слагающие трубки и дайки. Многие силлы лока-

лизуются вдоль контактов толщ, сложенных различными по степени консолидации породами. Кимберлиты Бенфонтейн и Каролусдрифт (Ю. Африка) внедрились вдоль контакта между плотными породами основания и неконсолидированными мезозойскими толщами. То же отмечается в силле Мела в Архангельском районе России. В то же время в Айрон Маунтинс (Вайоминг) Д. Хаузел описал силл, внедрившийся в гранитоиды, располагающиеся по обоим его контактам. Дж. Б. Хоторн *(Hawthorn, 1968)* описал в радиусе 64 км от Кимберли 6 кимберлитовых силлов. Один из них, силл Весселтон Флор, в центральной части имеет мощность 45 метров, но быстро выклинивается по направлению к краям. Он образует двояковыпуклый лакколит, протяженностью 312 метров с предполагаемой шириной 190 метров. Центральная часть имеет мощность по крайней мере 44 метра. По наблюдению Дж. Хоторна почти все силлы алмазоносны, но содержания алмазов в них всегда ниже промышленных.

Все, связанное с алмазами и алмазоносностью, служит ключом для понимания важнейших проблем глубинной геологии, условий в недрах Земли и тех процессов, которые там протекают. Все началось с расшифровки структуры кристаллической решетки алмаза, которая заняла более полустолетия напряженных исследований *(Орлов, 1977)*. Обзор этой проблемы приведен в монографии Э. Эрлиха и В. Дэна Хаузела *(Erlich and Hausel, 2002)*.

Особое место занимает характерная для некоторых кимберлитов ассоциация мегакристаллов минералов. Для нее характерно присутствие единичных больших (5 – 20 см) кристаллов оливина, бедного хромом и богатого титаном пиропа, обогащенного магнием ильменита (пикроильменит), хромдиопсида, энстатита и циркона. В ту же категорию попадают и алмазы. Большие размеры кристаллов, принадлежащих к этой ассоциации, намного превышают размеры тех же минералов в мантийных ксенолитах (2–4 мм). Это говорит о том, что предположение о том, что их источником является верхняя мантия, маловероятно. В то же время состав ассоциации минералов предполагает, что она возникает на глубине 165–200 км, а обедненные хромом зерна, возможно, происходят и с еще большей глубины. Маккалум и Мубарак *(Mccallum, Mabarak, 1976)*, Ф. Бойд и П. Никсон *(Boyd and Nixon, 1973)* полагают, что источником минералов ассоциации являются сравнительно неистощенные мантийные перидотиты. Минералы ассоциации образуются в сравнительно широком интервале температур (799 – 1400 °С), но в ограниченном интервале давлений, эквивалентном 50 км глубины. Предполагается, что верхняя граница уровня формирования мегакристов совпадает с границей литосферы и астеносферы. Магма, из которой кристаллизуется ассоциация расплава иегакристов и генерируется на месте возникновения этой ассоциации, и является внутризерновой массой деформированных лерцолитов на глубине около 50 км. Мегакристы обычно имеют округлую форму и окружены тонкой реакционной каймой (келифитовая оболочка пиропов) или оболочкой микрозернистого кимберлита.

Среди перидотитовых включений попадаются алмазоносные образцы, но наиболее богатые алмазами образцы перидотитов на порядок беднее алмазами, чем наиболее алмазоносные образцы другого типа включений – грикваитов или эклогитов.

Отмечается последовтельное нарастание степени алмазоносности в ряду пироповые гарцбургиты-хромитовые гарцбургиты – пировые лерцолиты. Алмазы из перидотитовых включений содержат включения минералов, составляющих вмещающие перилдотиты *(Gurney, 1984)*.

Важнейшей областью, в которой изучение кимберлитов принесло большие результаты, было исследование содержащихся в них так называемых родственных включений, к которым примыкает и сам алмаз. Это – округлые моно- и полиминеральные агрегаты, которые включают пироп, энстатит, хромдиопсид, эклогиты, перидотиты. Эти исследования требовали в буквальном смысле слова ювелирной техники исследования. Достаточно сказать, что одной из областей этих исследований явилось определение радиометрического возраста алмазов путем датировки микровключений в них. В итоге были получены датировки, пока-

завшие огромную разницу в возрасте образования кимберлитовых расплавов и времени их внедрения в кору и образования кимберлитовых диатрем. По состоянию на 2001 год почти все радиометрические датировки алмазов, полученные разными методами, попадают в интервал времени 3.3 Ga – 920 Ma *(Erlich, Hausel, 2002)*.

Гранатовые лерцолиты переходят в гранатовые и пироксеновые сегрегации в ксенолитах из трубки Обнаженной (Якутия), переходят в дуниты и хромитовые гарцбургиты *(Соболев и Соболев, 1984)*.

Минералогически эти периодиты состоят их комбинаций магниевого оливина, магневого ортопироксена, зеленого хромдиопсида, флогопита и редко парагаситового амфибола. Акцессорные минералы представлены алмазом, муассонитом, графитом, различными сульфидами пентландит-халькопирит-пирротиновой ассоциации, рутилом, ильменитом и цирконом.

Исследования показывают наличие двух ассоциаций минералов во включениях в алмазах – пироксенит-эклогитовой и перидотитовой *(Meer and Tsai, 1976, Harte, Gurney and Harris, 1980)*. Последние авторы, ссылаясь на неопубликованную работу Дж. Б. Хоторна *(J. B. Hawthorn)* отметили отсутствие корреляции между преобладанием той или иной ассоциации минералов во включениях в алмазах и составом ксенолитов в них. Включения минералов перидотитовой ассоциации более распространены, чем включения минералов эклогитовой ассоциации. Перидотитовые включения, содержащие алмазы, редки, а связь алмазов с эклогитовыми ксенолитами обычна. В то время, как перидотитовая ассоциация более распространена, чем эклогитовая, алмаз-содержащие ксенолиты более редки, чем эклогитовые.

Перечисленная серия детальных исследований алмазных месторождений совершенно преобразила представления обо всем, что связано с их проблематикой.

Прежде всего, описания ассоциации минералов-мегакристов в кимберлитах привели к созданию метода поиска алмазных меторождений не по алмазу, а по его минералам – спутникам (пироп, хромдиопсид, пикроильменит). Метод этот, впервые успешно примененный в Южной Африке в начале XX века, а познее приведший к открытию трубки Мвадуи в Танзании, был повсеместно признан.

Определение радиометрического возраста минералов-включений в алмазе привело к пересмотру соотношений кимберлитов и алмазов.

Экстремальные условия температур и давлений, при которых образуются алмазы, также как постоянная связь их с породами ультраосновного состава, при высочайшей ценности кристаллов, постоянно стимулировали поисковые работы. Естественно, что проверке на наличие алмазов в первую очередь подвергались комплексы пород, формирующиеся при высоких давлениях.

Остановимся на трех открытиях.

Прежде всего надо сказать о месторождении-призраке в пироксенитах расслоенного перидотитового массива Бени Бусера в северном Марокко. Алмазы здесь не сохранились, но они присутствуют в виде тени – псевдоморфозах углерода, по алмазу замещенных кристаллов, сохранивших характерную форму кристаллов-хозяев алмаза *(Pearson, Davies, and Nixon, 1993)*. Обращают на себя внимание огромные содержания алмазных псевдоморфоз. Они составляют до 15 % объема вмещающих их пород, или примерно в 10 000 раз больше, чем в любом известном кимберлитовом месторождении. Эти содержания соответствуют содержанию алмазов в штуфных образцах алмазоносных эклогитов. Дж. Гёрни *(Gurney, 1984)* отмечает случаи, когда алмазы были обнаружены в блоках офиолитовых комплексов вдоль границы плит. Алмазы сохранились в надвинутых блоках офиолитовых комплексов в Армении и Корякском нагорье. В этом отношении представляют интерес находки алмазов в Калифорнии *(Hausel, 1996)*. Все это свидетельствует, что учет этих данных может привести к открытию серии богатых месторождений, связанных с интрузивными кимберлитами, по

масштабу сходному с серией открытий, свзанных с лампроитовой революцией. Возможно, к такого рода кимберлитовым интрузивным комплексам относится упомянутое выше месторождение Снап-Лейк в Северо-западных территориях Канады.

Второе открытие связано с расположенной на севере Сибири Попигайской депрессией.

Попигайская котловина была изначально описана как вулкано-тектоническая депрессия. Идея о метеоритном генезисе этой структуры возникла в связи с очень молодым возрастом связанных с ней пород. В. Л. Масайтис считал, что трапповый магматизм моложе уровня границы между пермью и триасом на Сибирской платформе отсутствует и, следовательно, любые проявления изверженных пород моложе 250 миллионов лет должны быть связаны с экстратеррестриальными воздействиями, например, с метеоритными ударами. Это привело его к идее проверки наличия в связи с породами Попигайской котловины минералов-индикаторов высоких давлений. Так, в породах котловины были обнаружены алмазы в их гексагональной модификации (лонсдейлиты).

Они характеризуются более высокой твердостью, чем алмазы кубической сингонии. Идея об отсутствии на Сибирской платформе вулканизма моложе пермотрисового возраста полностью отпадает, если учесть данные о радиометрических возрастах щелочных и ультраосновных пород района Алданского щита. Но сумасшедшая идея сыграла свою роль – была проведена проверка наличия минеральных фаз, связанных с высокими давлениями, и в результате найлено гигантское месторождение лонсдейлитов.

Как и повсеместно в Советском Союзе, экономическая оценка разработки алмазов Попигая не производилась вообще. Во ВСЕГЕИ была создана группа обогатителей, занимавшаяся доставкой крупнообъемных проб алмазоносных пород Попигая на самолетах в Казахстан, где они на металлурпических заводах подвергались обработке серной кислотой, чтобы растворить пустую породу и получить в остатке алмазы. Стоимость этого процесса не нуждается в комментариях. В то же время В. Л. Масайтис добился организации специальной Полярной геологоразведочной экспедиции для подсчета запасов алмазов. На небольшом участке, на котором велись геологразведочные работы, запасы алмазов составляют 150 млрд. карат (для сравнения – разведанные мировые запасы технических алмазов оцениваются примерно в 5 миллиардов карат) *(Похиленко Н. П., 2012)*.

Попигайские алмазы превосходят по твердости обычные алмазы в два раза, а синтетические алмазы и в еще большее количество раз. Это означает повышение производительности алмазной коронки на буровых установках на 20 % и по словам экспертов повлечет экономию в сотни миллионов и технический переворот *(Похиленко, 2012)*. Мы не останавливаемся здесь на вопросах происхождения Попигайской котловины и ее алмазов. Они являются частью проблем образования специфического типа вулкано-тектонических депрессий, образующихся под действием потока летучих при высоких давлениях. Многочисленные геологические факты, противоречащие метеоритной гипотезе их образования, обсуждены в работах А. А. Маракушева *(Маракушев, 1982), (Маракушев и др. 1993)*. Обзор этой проблемы см в работе *(Erlich, Hausel, 2002)*.

Проверка минеральных комплексов, образование которых связано с высокими давлениями, привела к проверке пород метаморфических толщ. Алмазы были последовательно найдены в метаморфидах Даби Шань (Китай) *(Xsu et al., 1992)*, Саксонских рудных гор *(Massonne, 2000)* и Казахстана *(Соболев, Шатский 1987, Абдукадырова и Зайончковский, 1996)*. В Китае алмазы были обнаружены в пробах из эклогитовых линз, имеющих возраст от кембрия до перми *(Barron et al., 1994)* и определены в гранатах в коэсит-содержащих эклогитах, гранатовых пироксенитах и жадеитах в горах Даби в восточном Китае. Другая находка была сделана к северозападу от Улан Батора (Монголия). Алмазы имеют размер от менее 0.1 мм до 1 мм. Но содержание очень велико и колеблется от 4000 до 10 000 карат / сто тонн, что соответствует содержаниям в Казахстанских месторождениях алмазов в метамор-

фических породах (Кумдыкол). В самых западных регионах вокруг Кокчетавского массива (близ города Павлодар в Казахстане) развиты пре-Вендские (560 – 1000 Ма) отложения.

Первая статья о находках микроалмазов в метморфических комплексах Казахстана появилась в конце 1980-х *(Соболев, Шатский, 1987)*, хотя находки микроалмазов в россыпях этого района были сделаны за 20 лет до того. Данные о находках технических алмазов были засекречены, как все материалы о программе поисков алмазных месторождений на территории СССР. Появление статьи Н. В. Соболева и Шатского стало возможным благодаря двум факторам: «перестройке» политической системы СССР в середине 80-х годов, когда первым секретарем КПСС стал М. С. Горбачев, и высокому положению авторов статьи.

Казахстанская алмазоносная провинция протягивается на примерно 700 км при ширине 250 км в центральной части и 100–150 км в ее юговосточной части. Меланж, развитый вдоль границ массива, содержит фрагменты предвендских и пост-вендских морских метаосадков, сформировавшихся в процессе надвигания на континентальные блоки пассивной континентальной окраины, скорее всего в нижнекембрийское время. В ордовикское и силурийское время имеет место внедрение гранитных массивов, в связи с чем образуются куполообразные структуры.

Микроалмазы были найдены вдоль границ зерен почти всех породообразующих минералов: гранатов, кварца, циркона, флогопита, цоизита, и кианита *(Лаврова и др., 1996)*. Алмазоносные метаморфические породы содержат коэсит, гранат гроссуляр-пиропового ряда, фенит (обогащенный кремнеземом мусковит). сфен. Минералогические исследования показали, что разные типы метаморфических пород характеризуются микроалмазами разного габитуса – кубоидами, октаэдрами, кубооктаэдрами, скелетными формами кристаллов. Размер микрокристаллов алмаза в среднем равен 12.5 микрон.

С учетом геологических факторов, минералогии и изотопных данных обсуждается несколько гипотез происхождения микроалмазов в метаморфидах от формирования их в зонах субдукции до связи с предшествующим кимберлитовым вулканизмом и последующим преобразованием. Наибольшим распространением пользуется гипотеза кристаллизации микроалмазов в метастабильном поле, вне зоны стабильности алмаза *(Летников, 1983, Лаврова и др., 1991)*. Обзор этих гипотез приведен в уже упоминавшейся монографии автора и В. Дэна Хаузела *(Erlich, Hausel, 2003)*.

Рис. 1.9.10. График распределения радиометрических датировок Сибирской платформы (Erlich, Hausel, 2002). 1 – радиометрические датировки Нижне-Оленекской группы полей (K-Ar, U-Pb и трековый метод), 2 – радиометрические датировки различных полей, определенные трековым методом, 3 – радиометрические датировки кимберлитов Мало-

Ботуобинского и Далдын-Алакитского районов (главным образом K-Ar датировки), 4 – радиометрические датировки минералов массива Томтор (из Erlich and Hausel, 2002).

Обобщение данных о возрасте кимберлитового вулканизма в различных районах мира показывает его пульсационный характер, планетарный характер и синхронность вспышек кимберлитового вулканизма, совпадение времени этих вспышек с импульсами интенсивных орогенических движений. Радиометрические датировки стритфицированного массива Бени Бусера совпадают со временем импульсов органической активности в Альпийско-Гималайском поясе и временем формирования лампроитов Западной Австралии *(Allsop, Bristow and Skinner, 1985)*. Отмечается относительное постоянство разброса радиометрических датировок для различных провинций ультраосновных-щелочных пород *(Кононова и др., 1973, Erlich and Hausel, 2002)*. Сводка радиометрических датировок показала, что имеются два типа массивов ультраосновных-щелочных пород, различных по разбросу датировок:

массивы с разбросом радиометрических датировок в несколько миллионов лет;

массивы с разбросом датировок в 250–400 миллионов лет.

Рис. 1.9.11. Гистограмма радиометрических датировок щелочных пород Бразилии (модифицировано по Ulbrich and Gomes, 1981, из Erlich, Hausel, 2002)

Рис. 1.9.12. Гистограмма радиометрических датировок Южно-Африканских кимберлитов (модифицировано по Smith et al., 1985, из Erlich, Hausel, 2002)

Рис. 1.9.13. Радиометрические датировки различных провинций ультраосновных щелочных пород Сибирской платформы (по Erlich, Hausel, 2002).

Постоянство порядка разброса радиометрических датировок, характерное для провинций ультраосновных-щелочных пород, объясняется постоянством времени истощения тепловых запасов в глубинных зонах магмообразования *(Erlich, Hausel, 2002)*.

Принадлежность к тому или иному типу не зависит от размеров массива. Диаграммы, построенные не для отдельных массивов, а для провинций щелочных ультраосновных пород, показывают единый характер разброса для всех провинций мира *(Erlich, Hausel, 2002)*.

Рис. 1.9.14. Разброс радиометрических датировок различных провинций ультраосновных-щелочных пород: А. Русской платформы; В. Северо-Американской платформы (по Erlich, Hausel, 2002).

В заключение остановимся на находках алмазов в базальтах. Первые указания на такие находки относятся к 1906 году, когда они были сделаны в дайке мощностью 6 метров амфиболовых диабазов, рвущих среднекарбоновые граниты в Новом Южном Уэльсе *(David,*

1906). Позднее в том же районе было найдено еше три алмаза *(Thompson, 1909)*. Значение этих находок поисковики поставили под сомнение, поскольку дайки прорывали алмазоносносную россыпь. Но слухи о находках алмазов в базальтах были широко распространены в конце XIX века в Южной Африке *(Harger, 1910)*. В двух гальках базальта были найдены алмазы общим весом 0.5 карата. В 1923 году алмазы были обнаружены в процессе изготовления шлифов из базальтовой бомбы с вулкана Гунунг Руанг на оострове Целебес, Индонезия *(Gisolf, 1923)* Но и тут говорили о контаминации материала в процессе приготовления шлифа. Последние по времени находки алмазов в высокоглиноземистых базальтах из вулкана Малый Паялпан близ Ичинского вулкана в Срединном хребте Камчатки были сделаны Ф. Ш. Кутыевым. В итоге полевого сезона 1969 года в 200-килограмовой пробе высокоглиноземистых базальтов с вулкана Малый Паялпан Ф. Ш. Кутыевым было обнаружено 6 удлиненных кристаллов алмаза размеров 0.4 – 07 мм, по габитусу напоминавших знаменитый Шах *(Кутыев и Кутыева, 1975)*. Находка была сделана в 1969 году. КТГУ немедленно по достоинству оценило значимость находки (хотя она и не была даже описана!) и уже на следующий полевой сезон послало на Малый Палпан отряд под руководством известных надежностью своих описаний геологов М. Г. Патоки и В. С. Шеймовича для взятия контрольных проб и проверки данных Ф. Кутыева. Проверка полностью подтвердила данные Ф. Кутыева. Пробы с Малого Паялпана (на этот раз весом всего 3–5 кг) содержали алмазы. Для проверки они были показаны крупнейшему специалисту по некимберлитовым источникам алмазов – Ф. В. Каминскому. В итоге появилась статья, описывающая эту находку *(Каминский, Патока, Шеймович, 1979)*. Совершенно иной была скорость публикации сообщения о первой находке. Оно появилось в Докладах АН СССР лишь шесть лет спустя. Рекомендацию к публикации дал крупнейший в стране специалист по алмазам, академик В. С. Соболев. Но и эта запоздалая публикация сопровождалась оговоркой, что алмазы идентифицированы правильно, но их ассоциация с плагиоклазом остается непонятной и дискуссионной.

Зерна алмазов в базальтах ассоциировались с кристаллами плагиоклаза, что объяснялось реакцией в процессе фазового перехода диопсид+энстатит+шпинель → анортит+форстерит. Они и имели удлиненную форму, что объяснялось воздействием стресса в процессе роста кристаллов. С моей точки зрения необычная форма отражает то, что алмазы образуют псевдоморфозы по плагиоклазу.

Период после освоения южноафриканских трубок знаменовался интенсивными поисками новых коренных месторождений алмазов. Интенсивность поисков усиливалась в связи с исчерпанием эксплуатируемых месторождений. Первоначально, когда разработки велись многочисленными отдельными старателями, отрабатывалась только выветрелая зона, где кимберлиты были превращены в глину синюю землю, которую старатели промывали. Когда отработка доходила до невыветрелых кимберлитов, так называемого хардебанка (твердой породы), она прекращалась. После того как разработкой месторождений стали заниматься крупные горнорудные компании, считалось рентабельным отрабатывать верхнюю зону, где возможна выемка материала открытым карьером. Подземную добычу считали нерентабельной и работы на месторождении попросту прекращались. Компании искали (и находили! хотя со временем это становилось все труднее) новые объекты.

Поиски и эксплуатация новых месторождений алмазов находидась постоянно под наблюдением гигантской горнорудной монополии Де Бирс, полностью контролирующей весь алмазный рынок. Первая находка – обнаружение трубки Мвадуи в соседней с Южной Африкой Танзании была сделана канадским геологом Джоном Уильямсоном в 1950 году (см. главу 2. 5).

Далее последовали замечательные открытия алмазоносных провинций в России, Австралии, Канаде, полностью изменившие картину мирового рынка алмазов. Они проте-

кали по разному в соответствии с различием времени поисков и особенностей страны, в которой они протекали.

Для поисков алмазов в России, в равной мере как России дореволюционной, так и в Советском Союзе, был характерен бюрократически-административный подход к их организации. Поиски алмазов в России начались в начале XIX века. Первые находки алмазов в России были сделаны на Урале. В 1829 14-летний Павел Попов нашел кристалл алмаза в русловых песках в районе золотых приисков в Бисертском районе Урала близ города Перми и отдал его хозяину прииска. Вскоре там же было найдено еще два кристалла. Все они были подарены знаменитому путешественнику и географу Александру Гумбольдту, как символ природных богатств России. Вскоре небольшой кристалл алмаза был найден близ деревни Промысел на западном склоне Урала. Третья находка была сделана близ деревни Северной в 12 км от Перми. В течение 50 лет, следующих за этими находками, до 1917 года на Урале было найдено около 100 кристаллов алмаза, самый большой из которых весил 4 карата. Много лет спустя, в 1898 году, алмазы были найдены в шлихах из русловых отложений притока Енисея реки Большой Пит. К 1917 году здесь было найдено около 200 кристаллов, самый большой из них весом около 25 карат. После революции интенсивные поиски алмазов проводились на Среднем Урале. В итоге было найдено несколько небольших (и по содержаниям и по запасам) россыпей и к началу второй мировой войны здесь начал работать небольшой прииск.

В 1929 году в ходе геологической съемки крупнейший исследователь Арктики Николай Николаевич Урванцев привез образец породы, близкой к алмазоносным породам – кимберлитам, найденным на южном склоне Таймыра. Позже они были описаны Г. Г. Моором, который в свою очередь нашел близкие к кимберлитам породы в северной части Сибирской платформы.

Одним из самых значимых решений, принятых в отношении поисков алмазов в СССР, было осознание особой перспективности территории Сибирской платформы. Учитывая огромность территории, на которой предстояло вести поиски, всякое обоснованное сокращение ее имело огромное значение. Исключительно важным шагом в поисках было решение сконцентрировать работы в пределах Сибирской платформы. Правило Клиффорда *(Clifford, 1966)*, связывающее кимберлитовый вулканизм с процессом кратонизации, не было еще опубликовано. Рекомендация об особой перспективности Сибирской платформы была дана виднейшим российским специалистом по алмазным месторождениям В. С. Соболевым. Огромную роль для ориентации геологов-поисковиков сыграла его книга о геологии алмазных месторождений мира *(Соболев, 1951)*. Недаром Л. А. Попугаева, первооткрывательница первой в Сибири трубки Зарница, несла ее в поле в рюкзаке – лучшее признание значимости труда ученого. Поисковые работы на алмазы на ранних этапах сосредотачивались на южной окраине Сибирской платформы, в районе Иркутска. Считалось, что ограничивающие платформу тектонические разломы глубокого заложения могут создать благоприятные условия для подъема алмазоносной магмы из подкорковых глубин. Видный исследователь алмазных месторождений Владимир Милашев *(1959)* вспоминает: «Поскольку коренные месторождения алмазов на севере и в средней части Сибирской платформы найти не удавалось, возникла гипотеза, согласно которой коренные источники сибирских алмазов находились далеко на юге – в районе Патомского нагорья. Сторонники этой точки зрения приводили хитроумные доводы в пользу того, что алмазы в бассейны Тунгуски и Вилюя были принесены за многие сотни и даже тысячи километров. Гипотеза о дальнем переносе сибирских алмазов таила в себе большую опасность для правильного ведения работ, поскольку из нее вытекал вывод о бесперспективности поисков коренных месторождений в северных частях Сибирской платформы».

Но настоящая история поисков алмазных месторождений в СССР началась лишь с конца 30-х годов XX века. В 1937 году А. П. Буровым была подана в Госплан СССР записка о необходимости сопоставления геологического строения алмазоносных провинций Южной Африки с различными районами Советского Союза, в частности Сибирской платформы. Начала эту работу группа геологов во главе с А. П. Буровым. В нее входил и будущий академик В. С. Соболев, только что издавший монографию о базальтовом вулканизме Сибирской платформы. Вторая мировая война прервала работу. После окончания войны в 1946 году министерство геологии организовало специальный главк, который должен был руководить поисками месторождений пьезооптического сырья и алмазов. Подобные организации время от времени создавались для решения самых приоритетных задач и получения необходимых для этого денежных фондов и кадров, в том числе в виде концентрационных лагерей, поставлявших даровую рабочую силу. Под эгидой этого главка в 1948 году была организована экспедиция с двумя партиями, под начальством Г. Х. Файнштейна и В. Белова. 7 августа 1949 года отряд под начальством Г. Х. Файнштейна нашел в шлихе, отмытом на Соколиной косе на реке Вилюй, первый алмаз. До конца полевого сезона в шлихах, отмытых на той же косе, было найдено 25 алмазов. В 1950 году по инициативе М. М. Одинцова была создана специализированная Амакинская экспедиция с базой в поселке Нюрба. Она-то и стала основной организацией, ведущей поиски алмазных месторождений на территории Якутской АССР. Об этой экспедиции рассказано в главе 2.2.

Единственной страной, не признававшей его, был Советский Союз. Неповоротливая бюрократически-административная система поисков, опиравшаяся на полукаторжные шарашки вроде Амакинской экспедиции была самодостаточна и во всяком случае ощущала себя таковой (см главу 2.2). Она не нуждалась ни в чем! Увы, зачастую ей вполне соответствовали и ученые, в лучшем случае занимавшиеся изобретением велосипеда. Ярким примером является история поисков алмазных месторождений Сибири. Все идеи, на которые опирались эти поиски, были выработаны в ходе поисковых работ на Урале. Соответственно считалось, что алмазным месторождениям отвечает ассоциация минералов, связанных с базальтами. крайним выражением этой идеи было заявление одного из самых знаменитых геологов-алмазников Г. Х. Файнштейна о том, что кимберлиты – это выдумка космополитов, что по тем временам соответствовало политическому доносу. В хорошо документированной книге В. Л. Масайтиса *(1964)* детально описанаы рекомендации одного из ведущих геологов Геологического института АН СССР П. Е. Оффмана, утерждавшего, что первичным источником найденных на Вилюе алмазов являются базальтовые трубки и настаивавшего на выделении денег на их опробование. Напрасно южноафриканский геолог подарил одному из ведущих минералогов СССР А. А. Кухаренко образец пиропа из кимберлита. Он спокойно годами лежал невостребованный в музейном шкафу.

Рис. 1.9.15. Карта районов находок алмазов на территории России (модифицировано из Erlich and Hausel, 2002);.

В противоположность СССР, открытия канадских месторождений алмазов были результатом последней по времени алмазной лихорадки в мире (90-е годы XX века). Особенностью этой лихорадки было то, что поиски проводились не индивидуальными старателями, а крупными горнорудными компаниями и в них принимали участие ведущие специалисты отрасли.

Открытие первой в Сибири трубки Зарница было результатом длительной и прямо-таки героической работы Н. Н. Сарсадских, завершенной ее ученицей Л. А. Попугаевой, вопреки ожесточенному сопротивлению верхушки Амакинской экспедиции, несшей прямую ответственность за грамотную и эффективную организацию поисков. Вся история описана в многочисленных публикациях, среди которых особую роль сыграли статьи мирненского журналиста Р. Юзмухаметова *(Юзмухаметов, 2004, см также общее описание истории открытия в Эрлих, 2004, 2006)*.

Последние по времени из разведанных местоождений алмазов были открыты в Канаде в ходе алмазной лихорадки в провинциях Британская Колумбия и в Северо-Западных территории. Находка Чаком Фипке и Стивом Блассоном минералов-спутников алмаза в ледниковых отложениях северозападной Канады положила начало настоящей алмазной лихорадке. Фипке и Блассон шаг за шагом проследили распространение спутников на огромное расстояние и в итоге была найдена трубка Лак де Гра. Последовавшие поисковые работы привели к открытию Хьюго Дюметтом кимберлитовой трубки Экати и в 1999 году был построен первый в Канаде алмазный рудник. Каждый алмаз ювелирного класса, добытый на Экати, должен быть весом не менее 0.3 карата и быть сертифицирован. Здесь крупнейшими разрабатваемыми трубками являются Диавик (шестое место в мире по добываемой продукции, в настоящее время идет продготовка к подземной шахтной добыче). и Экати (седьмое место в мире по добываемой продукции). Предполагается, что запасов хватит на 25 лет, т. е. до 2023 года. В 1997 году в Канаде было открыто алмазное месторождение мирового класса Снап-Лейк. Его открыла четверка геологов, в которую вошел россиянин Н. П. Похиленко. Он в течение 14 лет работал в поле в Канаде, дал прогноз о наличии нового района алмазоносных кимбелитов на севере Канады и сам открыл две кимберлитовые трубки, а затем сыграл решающую роль в открытии месторождения Снеп-Лейк, за что был награжден «премией Хьюго Дюмметта, считающейся аналогом премии Оскара *(Николай Похиленко)*

Рис. 1.9.16. Карта районов алмазных месторождений Канады (Goepel McDermid Securities, 1999 по Erlich and Hausel, 2002).

Приводимый ниже календарь находок *(по Erlich and Hausel, 2003)* дает общее представление о напряженности поисков, взлетах и падениях находок. Я сознательно привожу равно удачи и неудачи, подряд все этапы этой лихорадки, потому что именно из их совокупности возникла одна из крупнейшмих алмазоносных провинций мира.

В сентябре 1992 года компания BHP объявила об открытии девяти кимберлитовых трубок;

В 1993 году компания Кеннекотт начала бурение на проспекте Тли Кво Чо в 35 км к северо-востоку от принадлежащей компании Диамет трубки Пойнт Лейк;

Март 1993, компания Литтон ресурсес обнаружила трубку Лэйк Рэнч. В июле того же года микрозерна алмазов были найдены в пробах из трубки Тли Кво Чо.

Сентябрь 1993 года, BHP объявила о том, что разработка Пойнт Лэйк невыгодна.

Зима 1993–1994 годов, алмазная лихорадка продолжается и было получено разрешение на поиски на территории 45 миллионов акров в Северозападных территориях Канады.

Апрель 1994. Компания Эйбар Роурсек обнаружила трубку А21. В пробе весом 15.6 кг было обнаружено 154 микрокристаллов алмаза;

BHP объявила, что в результате бурения на трубке Панда Лейк из пробы весом 229.5 тонн кимберлита было извлечено 270 карат алмазов, т. е. среднее содержание составило 118 карат/100 тонн.

Литтон ресурсес сообщила о том, что на трубке Рэнч Дейк было извлечено 112 кристаллов алмаза общим весом 538 карат (0.189 карат/100 тонн).

Май 1994 года. Компания RWG/Spider в районе низменности около залива Джеймс Бэй из пробы весом 106.6 кг извлекла 101 микроалмаз и объявила, что это самая значительная находка вне Северозападных территорий.

Июль 1994 года – содержание алмазов в трубках Коала и Фокс ниже, чем это было объявлено год назад.

Август 1994 – крупнообъемное опробование на Тли Кво Чо дало результат 35.9 карат/100 тонн и менее 30 % алмазов принадлежали к ювелирному классу.

Декабрь 1994 – BHP и Диамет объявили, что летняя поисковая программа привела к открытию 13 алмазоносных трубок. Обе компании были оптимистичны в оценках. Начальные предсказания производства были повышены до 9000 тонн/день и через 10 лет предполагалось увеличение продукции до 18 000 тонн/день. Открытие считалось одним из крупнейших успехов в истории и привело к увеличению размеров алмазной лихорадки. В итоге площадь провинции была почти полностью заклеймена под поиски алмазов. Большая часть найденных кимберлитовых тел была небольшого размера (примерно 100 метров в попереч-

нике). Тем не менее общее число тел было очень значительно, поскольку некоторые трубки были богаты алмазами. Общее число кимберлитовых трубок достигло 100. Общее количество кимерлитовых тел, найденных в Канаде, достигло нескольких сотен. Экати стал первым в Канаде алмазным рудником. Он начал давать продукцию в октябре 1999 года. Она составила 43 миллиона тонн руды со средним содержанием 1.21 карат/тонну (121 карат/сто тонн) и предполагаемые запасы 216 млн. тонн с содержанием 0.87 карат/тонну (87 карат/сто тонн).

Рис. 1.9.17. Районы алмазных месторождений Австралии. Обращает на себя внимание название блока Кимберли, повторяющее название одной из первых трубок Южной Африки, данное суеверными старателями для привлечения удачи (по Erlich and Hausel, 2002).

Поиски алмазоносных месторождений Австралии были сходны с открытием трубок и Мвадуи в Танзании. Здесь, как и в Танзании, оценка велась специалистами Де Бирса, но решающим для открытия стал независимый анализ данных, сделанный австралийскими геологами. Именно он привел к «лампроитовой революции» и открытию целой серии месторождений, не связанных с кимберлитами.

Литература

Абдукадырова М. А., А. А. Зайончковский, 1996, Алмазы в Казахстане. Справочное издание, Алматы.//Министерство минеральных ресурсов Казахстана.

Вишневский С. А., А. П. Афанасьев, К. П. Аргунов и Н. А. Пальчик, 1991, Импактные алмазы. Их черты, происхожение и значение.//Тр. Института Геологиии и геофизики СО АН СССР, 835:53.

Воронов П. С., Эрлих Э. Н. 1962, Сдвиговые деформации в северо-западной части Сибирской платформы. // Информационный сборник НИИгеологии Арктики 28, стр. 17–28.

Дмитриев Э. А., 1974, Кайнозойские калиевые щелочные породы Восточного Памира. Наука, Душанбе. Издатель и количество страниц неизвестны.

Зубарев Б. М., 1989, Дайковый тип алмазных месторождений.// М. Недра.

Исозов Л. А., Т. Коновалов и Т. А. Емельянова, 2000. Проблемы геологии и алмазоносности зоны перехода океан-континент (Япономорский и Желтоморский районы). В: «Проблемы геологии и природа алмазоносности переходной зоны континент-океан (регионы Японского и Желтого морей».// Дальнаука, Владивосток.

Каминский Ф. В., 1984, Алмазоносность некимберлитовых изверженных пород. // Москва, Недра.

Каминский Ф. В., М. Г. Патока, В. С. Шеймович, 1979, Геология и тектоническое положение алмазоносных базальтов на Камчатке. // Доклады АН СССР 24663:679–682.

Кононова В. А., Л. И. Шанин, М. М. Аракелянц, 1973. Время формирования щелочных массивов и карбонатитов; Известия АН СССР, сер. геол. № 5, стр. 25–36.

Копецкий Л., 1960. Об алмазоносности Чешского массива. // Известия АН СССР, сер. геол., № 4, стр. 46–55.

Кутыев Ф. Ш., Г. В. Кутыева, 1975, Алмазы в базальтоидах Камчатки.// Доклады АН СССР, 221:1:183–186.

Лаврова Л. Д., С. Ф. Карпенко, А. В. Ляликов, В. А. Печников, В. Г. Спиридонов, М. М. Федзен, М. А. Петрова, Т. Е. Екимова, Ю. А. Шуколюков, 1997. Возраст образования алмазов в последовательности геологических событий на Кокчетавском массиве. // Геохимия 7:675–682.

Летников Ф. А., 1983. Происхождение алмазов в глубинных тектонических зонах. // Доклады АН СССР 271:433–435.

Масайтис В. Л., 2005. Где там алмазы? (сибирская диамантиада). //СПб, Издание ВСЕГЕИ.

Мальков Б. А., 1976. Геотектонические закономерности размещения кимберлитовых провинций. Доклады АН СССР 230:1:1203–1207.

Масайтис В. Л., М. В. Михайлов, и Т. В. Селивановская, 1971. Попигайский метеоритный кратер. // Сов. геология, № 6.

Маракушев А. А., 1993, Геодинамические режимы образования алмазов.//Бюлл. МОИП 68:2:3 – 18;

Маракушев А. А., О. С. Богатырев и А. Н. Финогенов, 1993. Импактогенез и вулканизм. // Петрология 1:6:: 571–595.

Месторождения алмазов.

Милановский Е. Е., Б. А. Мальков, 1980. Эпохи кимберлитового вулканизма и глобальные пульсации Земли. Доклады АН СССР 230:1:170–173.

Милашев В. А., 1989. Алмаз. Легенды и действительность. // 3е издание, Ленинград, Недра.

Милашев В. А., 1974. Главные принципы и критерии предсказания содержания алмазов в коренных месторождениях алмаза. // Минералогия. Геохимия и Прогнозирование алмазных месторождений.// НИИГА. 89 – 100.

Милашев В. А., и В. П. Соколова, 2000, Сравнительныый анализ кимберлитовых полей Якутской и Русской провинций.// СПб, ВНИИОкеангеология.

Похиленко Н. П., 2012. Попигайские алмазы – уникальное сырье для технического переворота.

Применение алмазов.

Соболев В. С., Н. В. Соболев, 1964, Ксенолиты в кимберлитах Северной Якутии и структура верхней мантии. /Доклады АН СССР 159, стр. 22–26.

Соболев В. С, 1951, Геология алмазных месторождений Африки, Австралии, острова Борнео и Северной Америки.// Госгеолиздат.

Харькив А. Д., 1975. Кимберлитовые жилы, ассоцирующиеся с трубками как неудавшаяся фаза кимберлитового магматизма.// Доклады АН СССР 224:1:190–193.

Шатский Н. В., Соболев Н. А., А. А. Зайончковский, Ю. М. Зорин, и М. А. Вавилов. Находки микроалмазов как доказательство регионального метаморфизма внутри зон высокого давления в Кокчетавском массиве.// Доклады АН СССР, 321:189–193.

Эрлих Эдвард, 2006. Месторождения и История, СПб, Изд-во Политехнического университета, 176 с.

Эрлих Э. Н., 2004. Найти месторождение. Звезда, № 10.

Эрлих Э. Н., 1963. Тектоника Анабарской антеклизы и закономерности проявления кимберлитового и траппового (базальтового) вулканизма.// Тр. Якутского отделения АН СССР, сер. геол.

Я ценитель. Примение алмазов.

Bizzi L. A., C. D. Smith, M. J. deWit, R. A. Armstrong, and H. O. A. Meyer, 1994. Mesozoic kimberlites and related alkalic rocks in the southwestern Sao Fransisco craton (Brazil).// Proceedings 5th international Kimberlite Conference. 1991. Compania de Cocquisa de Recources Minerales (CPRM).

Boyd F. R., P. H. Nixon, 1973, Origin of the alkaline-silicic nodules in kimberlites from Lesotho and South Africa. Lesotho kimberlites. Edited by P. H. Nixon. Capetown Souuth Africa. Capetown and Transvaal, 256–268.

Clifford T. N., 1966, Tectono-magmatic units and metallogenic provinces in Africa.// Earth and Planet. Sci, Letters 1:421–434.

DuToit A. I., 1906, The diamodiferous and allied pipes and fissures.//11th annual Report of Geological commission of Cape of Good Hope. Department of Agriculture. 89 – 176.

Davidson C. D., 1967, On diamondiferous diatremes. Economic Geology 59:1368–1380; Dawson J. B., 1980, Kimberlites and their xenoliths. Berlin, Springer Verlag.

Erlich E. I., W. Dan Hausel, 2002, Diamond deposits, Origin, Exploration and history of exploration SME Sp. publication 8:143–166.

Harger H. S., 1910, The occurrence of diamonds in dwyka conglomerate and amigdaloid lavas and the origin of diamonds of the Vaal River conglomerates.//Geol. Soc. South Africa Transactions 12:129–158.

Hawthorne J. B., 1968, Kimberlite sills.//Geol. soc. of South Africa Transactions 71:191–311.

Helmstaedt H. H., 1993, Natural diamond occurrences and tectonic setting of primary diamond deposits.//Diamonds: Exploration, sampling, and Evaluation. Prospectors and developers Ass. of Canada March 27:3 – 74.

Kirkley M. B., J. J. Gurney and A. A. Levinson, 1991, Age, origin and emplacement of diamonds.//Gems and Gemology 27:1:2 – 25.

Lee C. K., and S. D. Kerr, 1984, Mid-continent rift – a frontier oil province.//Oil and Gas Journal, august 13, 144–150.

Massonne, H. J., 2000, A new occurrence of microdiamonds in quartz-feldspatic rocks of the Saxonian Erzgebirge, Germany.//Proceedings 7th International Kimberlite Conference, vol. 2, Cape Town, South Africa, 553–539.

Mathur, S. M., 1982, The diamond deposits of India.//Industrial diamonds Quaterly, 33:3:21–29 Mccallum M. E., and c. D. Mabarak, 1976, diamond in state Line Kimberlite diatremes Albany County, Wyoming and Larimer Ccounty, Colorado.//Wyoming State Geological Servey r, Repport of Investigations 12.

Miller P., 1996, Outlook for diamonds.//London, Mussel &CO, 109 p.

Mitchell R. H, 1986, Kimberlites: Mineralogy, Geochemistry and Petrology.// N. Y. Plenum Press.

Mitchell R. H., S. L. Bergman, 1991, Petrology of lamproites.// N. Y. Plenum Press.

Newton P. H., and J. J. Gurney, 1975, Discussion of «A plate tectonic origin for diamond-bearing kimberlites».//Earth and Planetary Sci. Letters 27:356–358.

Pearson D. G., G. R. Davies, and P. H. Nixon, 1993, Geochemical constraits in the peridotite massif of diamond facies pyroxenites from Beni Bousera peridotite massif, North Morocco.// Journal of Petrology. 34:1:125–172.

Pretorius D. A., 1973, The crustal structure of South Africa. A. duToit memorial lectures 13.// Geol. Soc. South Africa Transactions 76:1 – 60.

Richardson S. H., J. J. Gurney, G. W. Harris and S. R. Hart, 1990, Eclogitic diamonds of the Proterozoic age from Cretaceous kimberlites. Nature 346:5:54–56.

Richardson S. H., J. J. Gurney, A, J. Erlank and J. W. Harris, 1984, Origin of diamonds in old enriched mantle.//Nature 310:198–202.

Smith C. B, J. J. Gurney, J. W. Harris, D. N, Robinson, and E. Jagoutz, 1983, Sm and Nd isotopic systematics of diamond-bearing eclogitic inclusions in diamonds from southern africa. Kimberlites and related rocks.// Edited by J. Ross et al., Melbourne Blackwell 853–869.

Smith C. B., H. L. Allsop, J. d. Kramers, G. Hutchinson, and J. C. Roddick, 1985, Emplacement age of Jurassic Cretaceous South African kimberlites by the Rb-Sr method on phlogopite and whole rocks.// Geological Society South Africa Transaction 88:2:249–265.

Skinner E. M. W., C. B. Smith, J. W. Bristow, B. Scott-Smith, and J. B. Dawson, 1989, Proterozoic kimberlites and lamproites, and a preliminary age for the Argyle lamproite pipe, Western Australia. //Geol. Soc. South Africa Transactions 882:335–340.

Ulbrich H. H., and C. B. Gomes, 1981, Alkaline rocks from continental Brazil.//Earth Sci. Review 17:135–153.

Wagner P. A., 1914, The diamond fields of South Africa.//3rd edition, 1971, Johannesburg, Transvaal Leader.

Williams H. R. and R. A. Williams, 1977, Kimberlites and plte tectonics in West Africa. Nature 270:507–508/

Xsu Sh. A. J. Okay, Y. Shouyoung, A. M. Senor, S. Wen, L. Yean, and J. Lali, 1992, Diamond from the Dabie Shan metamorphic rocks and the implication for tectonic setting.// Science, 256:80–92.

Глава 1.10. Тепло земли[8]

Введение

Можно отметить три вида свойств современных гидротерм, для использования которых ведутся поиски и освоение их месторождений:

1. Тепло, которое с древности использовалось для обогрева жилищ и выработки энергии. Преимущественное использование тепловой энергии для выработки электричества ставит вопрос о том, что физическое состояние теплоносителя должно соответствовать нуждам электроэнергетики.

2. Воды, т. е. собственно гидротермы, использующиеся в бальнеологических целях. Бальнеологическое действие термальных вод известно с древнейших времен; лечебные свойства вод прямо зависят от их состава и температуры *(см. Посохов, Толстихин, 1971, Лодис, Семенов, 1993)*. Бассейны для терапевтического использования вод – Спа, почти повсеместно строятся в районах горячих источников и привлекают массы туристов.

3. Минеральные компоненты, растворенные в гидротермах. Таковы аморфный кремнезем, хлопьями осаждающийся в месте выхода гидротерм на поверхность. Количество его варьирует, но в отдельных случаях, например, в районе Термополиса в штате Вайоминг, США, прямо поражает. Пирамиды, сложенные хлопьями кремнезема, тут растут прямо на глазах. В России, на Камчатке были сконструированы установки для сбора кремнезема *(Потапов, 2002)*. Очень значимой была разработка технологии извлечения магния из вод Мертвого моря (см. главу о калийных солях в главе 1.8). Принципиально новым шагом явилась и разработка технологии извлечения из горячих вод лития, осуществленная компанией Symbol Materials. Компания планирует ввести в 2012 году завод по извлечению лития, марганца и цинка из горячего рассола, циркулирующего в трубах 50-мегаваттной геотермальной электростанции, которая работает близ озера Солтон-Си в Неваде. Предполагается, что литий, получаемый здесь, будет не дороже, чем при других методах его массового производства *(Попов, 2012)*. Зачастую же вокруг выхода гидротерм на поверхность образуются горки натечных образований гейзеритов. В Италии горячие воды района Лардерелло содержат борную кислоту. На фумаролах вулкана Менделеева на острове Кунашир осаждается самородная сера. Можно ожидать, что в будущем будет представлять интерес рений, в большом количестве выделяемый фумаролами на вулкане Кудрявый (остров Итуруп). Многообразные сульфиды, осаждающиеся в небольших количествах в ходе гидротермальной деятельности современных гидротерм, например, в кальдере Узон, *(Набоко, ред., 1974)* служат моделью образования гидротермальных рудных месторождений.

В настоящей работе мы останавливаемся только на проблемах геотермальной энергетики. Но нам хотелось бы дать читателям общую панораму использования всех компонентов геотермальных месторождений.

Специфика материала, дающего возможность рассмотреть некоторые фундаментальные проблемы в области наук о Земле с учетом позиций энергетики процессов, заставила нас в меру сил рассмотреть некоторые из этих вопросов.

Специфический характер месторождений горячих вод, потенциально предназначенных для строительства ГеоТЭС, требует подсчета запасов энергии, знания физико-химических характеристик и учета характера теплоносителя. Широкое строительство

[8] Глава написана в соавторстве с В. И. Белоусовым.

геотермальных электростанций стало возможным, когда было освоено применение низкотемпературного теплоносителя фреона.

Проблемы генезиса тепла

Первичным источником тепла изначально признавались глубины Земли. Основой для выработки таких представлений было возрастание температур с глубиной. Эта идея отразилась во введении понятия о *геотермическом градиенте* – расстоянии, необходимом для увеличения температуры на один градус. Так были введены понятия о тепловом потоке, его плотности и интенсивности.

Термический градиент – расстояние по вертикали в земной коре (ниже зоны постоянной температуры), на котором температура повышается на 1 °С.

Геотермическая ступень – физическая величина, описывающая увеличение температуры на 10 °С на определенных участках земной толщи.

Эти величины использовались для оценки интенсивности потока глубинного тепла. С учетом этого при рассмотрении вопроса о генезисе гидротерм надо постоянно иметь в виду несколько фундаментальных положений, оказавших решающее воздействие на формирование представлений о их генезисе:

Совпадение химического состава вулканических пород с предполагаемым составом гранитного слоя коры зачастую приводило к представлениям о том, что кислые вулканиты являются продуктами его расплавления.

Совпадение времени импульсов подъема горст-антиклинальных систем (т. е. импульсов горообразования) и коротких фаз массовых извержений кислой пирокластики и внедрения гранитных массовов.

Возрастающее количество фактов, указывающих на возможность мантийного происхождения кислых магм *(Matsumoto, 1964, Эрлих, 1973, Соболев, 1979)*. Свидетельства основываются на составе ассоциации минералов-вкрапленников в кислых вулканитах *(Маракушев, Тарарин, 1965, Эрлих, 1973)* и находках Ф. Кутыевым в кислых вулканитах минералов-индикаторов высоких давлений – пиропа, муассонита.

Эти единицы характеризуют региональный тепловой поток. В связи с этим, мы считаем, что указанные источники генерации тепла Земли формируют этот тепловой поток, который оценивается в среднем 0.8–410 – 6 кал/см^2 с. Кстати, он, как на континентах, так и в океанах, примерно одинаковый, что потверждает его планетарное значение. Однако, геологические процессы, происходящие в земной коре, такие как магматизм и гидротермальная деятельность, происходят в очень ограниченных по площади линейных зонах и точках, для которых характерен аномальный тепловой поток, обычно характеризующийся значениями 2–3•10^{-4}кал/см^2 с., т. е. больше на два порядка *(Белоусов, 1978)*. Если предполагать, что эти аномальные потоки генерируются за счёт энергии источников, формирующих региональный тепловой поток, то необходимо определить геологическую структуру, которая бы могла обеспечить аккумуляцию тепла с площади в 100–200 раз большей, чем площадь геотермального района, на которой получен этот аномальный тепловой поток. Так, например, хорошо изученный геотермальный район Лардерелло-Травале-Амиата, имеющий площадь 250 км^2, должен был аккумулировать тепло с площади порядка 1000–2500 км^2. Площадь Мутновского геотермального района нами оценивается в 5000 км^2. Соответственно, площадь, с которой необходимо было бы «собрать» тепловую энергию, около 0.5–1.0 млн. км^2. Она превышает площадь всей Камчатки. Таким образом, вокруг геотермальных районов тепловой поток должен быть существенно меньше среднеземных значений, что не подтверждается исследованиями *(Smirnov, Sugrobov, 1982)*. Из этих оценок видно, что генерация аномальных

тепловых потоков не связана с источниками тепла, формирующими региональный тепловой поток. В связи с этим, как нам представляется, возникает необходимость обсудить иные источники тепла, которые, возможно, были отвергнуты другими исследователями. Широкое развитие получили представления о прямой связи гидротерм с магматическими телами. Но тут на пути развития гипотез о гидротермальной деятельности встали экспериментальные данные, показывающие ограниченность растворимости летучей фазы в силикатных расплавах (не более 4–5 %). С другой стороны были получены данные о том, что источники всех (или по крайней мере значительной части современных гидротерм) связаны не с водами мирового океана, а извлечены из осадочных толщ (предположительно в ходе субдукции литосферных плит).

Говоря о геологической позиции геотермальных полей, можно отметить, что крупнейшие из них локализуются в пределах кальдер и вулкано-тектонических депрессий, образование которых ассоциируется с выбросами кислой пирокластики. Недаром поэтому вопрос о генезисе гидротермальных систем связывается с вопросом о генезисе кислых магм. Характерными примерами служат Паужетские термы Южной Камчатки, гидротермальная система Узон-Гейзерной вулканотектонической депрессии Восточной Камчатки, геотермальные проявления Северного острова Новой Зеландии, локализующиеся в кальдере Таупо, геотермальная система, связанная с кальдерой Иеллоустон на Западе США.

1. Термапроявления в кальдере вулкана Узон. Камчатка. Фото В. И. Белоусова.

2. Долина гейзеров. Камчатка. Большой каскад. Фото Ю. Д. Кузьмина.

3. Озеро Шампанское. Геотермальное поле Вайотапу. Новая Зеландия. Фото В. И. Белоусова.

4. Йеллоустоунский парк. США. Фото Ю. Д. Кузьмина.

Рис. 1.10.1 – Рис. 1.10.4. Выходы геотермальных полей различных районов мира.

Увлечение кальдерами как структурами, контролирующими современные гидротермальные системы, отразилось в том, что на рабочем совещании (workshop) геологической службы США (USGS) по проблемам геотермальных месторождений (1985) большинство докладов было посвящено собственно структуре кальдер.

Гидротермы циркулируют в глубинных частях грабен-синклиналей, контролирующих структурное положение вулканических поясов. Эти структуры играют для горячих вод роль аналогов артезианских бассейнов (Святловский, 1971).

Рис. 1.10.5. Образование артезианских бассейнов горячих вод в глубинных частях грабен-синклиналей, контролирующих структурное положение молодых вулканических поясов (по Святловский, 1971).

Говоря о происхождении гидротермальных систем, следует иметь в виду несколько фундментальных фактов, оказавших решающее воздействие на формирование представлений о их генезисе, которые подтверждаются преимущественной связью гидротерм с кальдерами и вулкано-тектоническими депрессиями, которые, как сейчас общепризнано, являются отражением в рельефе интрузий гранитоидного состава.

В качестве единиц измерений тепла используются разные единицы: джоули, ватты, калории. Мы предпочитаем использовать калории, так как они характеризуют конкретно количество тепла, тогда как другие единицы отражают энергетику процесса.

Сравнение темпа нарастания температуры с глубиной на трех наиболее изученных геотермальных полях, где после начального резкого повышения температуры с глубиной температура выходит на практически постоянный уровень, привело к введению важного понятия – *базовый уровень температур* (Аверьев, 1966).

Рис. 1.10.6 Температуры в некоторых гидротермальных системах вулканических областей. 1 – Паужетка (Камчатка); 2 – Вайракей (Новая Зеландия); 3 – Вайотапу (Новая Зеландия) (по Аверьев (1966).

Данные изотопных исследований были использованы для оценки роли расплавления корового материала при формировании кислых вулканических пород (Price et al., 2005, Parker et al., 2005, Tomkins and Mavrogenes, 2003, Johnson, 1991).

Кальдеры и вулкано-тектонические депрессии сочетают в себе два важнейших элемента, определяющих столь частую ассоциацию с ними современных гидротермальных систем – они представляют собой структуры, генерирующие горячие воды, поскольку в их корнях локализуются интрузии гранитоидного состава и в то же время толщи заполнения их представляют собой идеальные структурные ловушки для циркуляции горячих вод.

В пределах горст-антиклинальных поясов интрузии обычно локализуются вдоль оси зон поднятия, и выходы современных гидротерм располагаются в грабенах, рассекающих поднятые блоки. Широко известный факт совпадения времени импульсов горообразования с периодами внедрения гранитоидных интрузий с точки зрения гипотезы метаморфогенного происхождения гидротермальной активности означает, что она отражает процесс роста корней растущих горных систем. Вулкано-тектонические депрессии, расположенные в пределах грабен-синклиналей, контролирующих положение молодых вулканических поясов, по всей видимости отражают рост гранитных куполов, в пределах которых сосредотачивается формирование гранитного слоя коры.

На этом фоне возникли представления о дуалистичности генетической природы состава гидротерм, о том, что первичный поток летучих компонентов, имеющий глубинное происхождение, генерирует современный метаморфический процесс гранулитовой фации метаморфизма (Маракушев, Тарарин, 1965, Эрлих, 1973, 2012). Изотопные данные свидетельствуют о том, что значительная часть рудных компонентов рудных месторождений имеет не эндогенную природу, а извлечена из осадочных толщ. В пользу дуалистической природы гидротерм говорят данные об отсутствии связи с современными вулканами в районе Лардерелло (Италия). В тот же ряд ложатся и данные о гидротермах Тибета. В пользу таких предположений свидетельствуют материалы радиометрического датирования, подтверждающие длительное существование магматических тел (миллионы лет для одноразовых небольших плутонов и десятки миллионов лет для многофазных массивов) в условиях коры (Knopf, 1964, De Silva, Gosnold, 2007). Импульсивный характер подтока глубинных летучих (Ларин, 2005, Милановский, Мальков, 1980, Stille, 1924, Эрлих, 1973, 2012) соответ-

ствует представлениям об импульсивном характере проявления магматизма и тектонических преобразований. Принятие той или иной гипотезы происхождения потока летучих имеет прямое практическое значение, поскольку главным вопросом в процессе поиска становится оценка путей миграции гидротерм и поисков структурных ловушек, способных обеспечить их концентрацию.

Этим идеям соответствует концепции, что летучие поступают из верхней части ядра Земли (Ларин, 2005).

О. Г. Сорохтин и С. А. Ушаков (Сорохтин, Ушаков, 2002), считают, что «К наиболее мощным энергетическим процессам, развивающимся в недрах Земли, следует относить три глобальных процесса. Во-первых, это процесс гравитационной дифференциации земного вещества по плотности, приводящий к расслоению Земли на плотное окисное железное ядро, остаточную силикатную мантию, легкую алюмосиликатную кору и гидросферу с атмосферой. Во-вторых, это распад радиоактивных элементов, приводящий к выделению существенной доли тепловой энергии. Третьим заметным энергетическим процессом является приливное взаимодействиеемли с Луной (стр. 117)». Эти исследователи полагают, что всеми остальными эндогенными источниками энергии можно пренебречь.

Современные геотектонические концепции, рассматривая проблемы энергетических источников магматизма и гидротермального метаморфизма, предполагают, что они обусловлены механической энергией, представляющей «продукт преобразования тепловой энергии, порождающей явления разуплотнения или уплотнения, растяжения или сжатия вещества верхних твердых оболочек Земли». Считается, что тепло, приводящее в действие «тепловую машину Земли», поступает из глубоких недр, подтверждается возрастанием температуры с глубиной и непрерывным выделением через поверхность твердой Земли в окружающее пространство теплового потока, оцениваемого в современную эпоху в 4.2×1013 Вт *(Хаин, Ломизе, 1995)*. Мы вернемся к вопросу о генезисе тепла геотермальных месторождений позже в разделе, посвященном прямо этому вопросу.

Недавно группа американских исследователей *(Schmandt et al., 2014)*, суммировав результаты экспериментов и сейсмологические данные и использовав цифровое моделирование, показала, что в так называемой транзитной зоне между верхней и нижней мантией на глубине 410 и 660 км находится большое количество воды. Вода находится виде гидроксильной группы, входящей в состав рингвудита, модификации оливина, образующейся под высокими давлениями и температурой, и имеющей шпинелевую структуру, что подтвердило ранее высказанное предположение *(Smyth, 1987)*.

Критическим подтверждением этого вывода является находка рингвудита, содержащего 1.5 % воды в виде включения в алмазе *(Pearson et al., 2014)*. Более того, немедленно после цитированной статьи в том же журнале появляется еще одна статья о находке включения рингвудита в бразильском алмазе из Juina, Бразилия *(Stuart, 2014)*. Содержание воды на этот раз составило 2.5 %.

Эти данные стали неожиданностью, поскольку ранее предполагалось, что плавление мантии происходит гораздо ближе к поверхности Земли на глубине 60–80 км. По мнению Джейкобсена, существованием этой удерживаемой, скрытой, но проникающей в верхние слои мантии воды можно объяснить постоянный размер земных океанов на протяжении миллиардов лет.

Обобщающие выводы из этой статьи приводятся М. Аставцатурян *(2014)*. Она приводит высказывания С. Джейкобсена, полученные автором на сайте Nature World News. Открыть этот сайт не удалось, так что изложение точки зрения авторов эксперимента цитируются по статье *(Аставцатурян, 2014)*. «Исходя из новых данных, геофизик Стив Джейкобсен из Северо-Западного университета США считает, что вода на поверхности Земли может иметь глубинное происхождение, что противоречит представлениям о том, что она

занесена ледяными кометами. «Геологические процессы на земной поверхности, такие, как землетрясения или извержения вулканов, отражают происходящее в ее недрах, недоступное нашему взору». «Я думаю, что мы наконец-то увидели свидетельство водного цикла в масштабах всей Земли, что может объяснить огромное количество жидкой воды на поверхности нашей обитаемой планеты».

По мнению авторов гидратация и дегидратация происходят в процессе погружения и подъема блоков мантии. При описании этого процесса авторы используют термин субдукция, обычно употребляемый в плейт-тектонике и подразумевающий погружение блоков вдоль зоны Бениоффа. Надо, однако, иметь в виду, что используемый авторами сейсмологический материал, судя по приводимой ими карте, был получен для провинции Хребтов и Бассейнов на западе США, где какие-либо современные островные дуги и соответствующие им зоны Бениоффа отсутствуют. Погружение вдоль зоны Бениоффа идет не самопроизвольно под действием силы тяжести. Погружающаяся плита «заталкивается» на глубину под действием усилия, генерированного в зоне срединно-океанического хребта, в результате происходящего там спрединга. Эта парность структур и взаимосвязь их геодинамики является основой плейт-тектоники. Следовательно, погружение блоков мантии происходит под действием вертикально-ориентированных усилий.

Переход гидрат-содержащего рингвудита и брусита в перовскит приводит к образованию межзернового расплава. Обнаружение резкого уменьшения сейсмической скорости в районах, где предполагается наличие опущенных участков мантии, отвечает модели, предполагающей наличие расплавленных участков на глубине более 660 км. Дегидратация порождает уплотнение кристаллической структуры силикатов и брусита до перовскитовой. Изменение плотности кристаллической решетки имеет следствием нарушение изостатического равновесия, восстановление которого и становится движущей силой формирования структур платформы.

Обсуждение важных и сложных проблем, о которых говорят авторы публикуемой в Science статьи, не входит в задачу настоящей работы. Здесь же отметим только, что эта работа окончательно утвердила глубинное происхождение потока летучих, и, при принятии этой гипотезы, погружением блоков мантии, вызывающим дегидратацию рингвудита. Последнее может, по-видимому, служить ключом к пониманию массовых излияний базальтов (траппов, флад-базальтов) на платформах, и образования синеклиз типа Кару в Южной Африке и Тунгусской в Сибири.

В целом эти данные соответствуют представлениям о поступлении летучих из глубин, в частности с верхней границы ядра Земли *(Ларин, 2005)*, и должны рассматриваться в контексте гипотезы Д. С. Коржинского *(Коржинский, 1974)* о трансмагматической природы флюидов.

История геотермальных исследований и использования горячих вод

Изначально (со времен каменного века) выходы горячих вод повсеместно использовались для укрепления здоровья. Первобытный человек наблюдал, какие источники используются животными, и следовал их примеру.

Первый интерес к использованию геотермальной энергии зародился в палеолите, примерно 50 000 лет назад, и затем постепенно развивался в течение продолжительного периода вплоть до неолита, до времени, которое назвали «нулевым годом геотермии» *(Cataldi et al., 1992–1993)*.

Одной из основных зон происхождения этих материалов и продуктов геотермальной энергии была Западная Анатолия, где формировались населенные пункты в неолите *(Mellart*

et al., 1967). Развитию этих поселений, по-видимому, благоприятствовало обилие выше приведенных материалов, а также присутствие серы и киновари, которые использовались в качестве красителей.

Колонизация, морские путешествия и торговля, широко развитые в Средиземноморье, начиная со 2-ой половины 2-го тысячелетия до н. э., привели к открытию многих новых мест, где были проявления энергии недр Земли (Пантеллерия, Эгейский архипелаг, остров Искья и т. д.), а в Италии – Флегрейские поля, термы Западного Лациума и Южной и Центральной Тосканы, где имелись многочисленные горячие источники, фумаролы, парящие и прогретые большие участки земли, гидротермальные минералы и иные продукты деятельности земного тепла. Все эти районы стали важными не только в бальнеологии, но и в разработке рудныхместорождений, где добывались полезные минералы и другие продукты, необходимые для жизнедеятельности людей. Обилие геотермальных проявлений в Италии, кроме того, вызывала формирование новых культов и легенд, обусловленных естественными термопроявлениями. Культы и легенды были частично местного происхождения или зарождались в результате трансформирования верований древних народов, населявших страны Восточного Средиземноморья.

В течение 2–3 столетий этруски достигли высочайшей степени цивилизации во всех видах деятельности, развитой затем во всем Средиземноморье, включая добычу металлических и неметаллических руд. Быстрое развитие цивилизации этрусков связано с наличием на побережье Этрурии многочисленных рудных месторождений (Ag, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn и т. д.), эвапоритовых минералов (алебастра, гипса, поваренной соли) и минералов гидротермального происхождения (квасцы, бораты, гидратированный кремнезём, окислы железа, каолин, сера, травертин и т. д.). Эти месторождения были связаны с активными или угасшими термопроявлениями, которыми Этрурия была богата, особенно район, который в настоящее время называется «бороносным» (Лардерелло и его окрестности).

Многие этрусские центры (Популония, Сатурния, Больсена, Тарквиния, Церветерия, Вейо, Кума и т. д.) располагались около термопроявлений, где производилась добыча и изготовление этрусками различных продуктов.

Использование гидротермальных минералов и других продуктов деятельности геотермального тепла особенно расширилось уже в римское время в конце 2-го столетия до н. э., когда римляне смогли развить промышленную и ремесленную деятельность и начать обширные строительные программы (строительство публичных зданий, храмов, монументов, стадионов, вилл) *(Burgassi, 1987)*.

В Италии горячие воды использовали как общественные бани. И горячие воды широко использовались для получения борной кислоты. В течение веков для этого было разработано несколько типов устройств (лагоний).

Рис. 1.10.7. Конструкция римских бань (Burgassi, 1987).

Конструкция бань планировалась таким образом, чтобы тепло использовалось «каскадом». И хотя в термах Рима рассматриваемая схема не использовала земное тепло, тем не менее, она применялась в течение нескольких столетий в различных геотермальных районах Средиземноморья и, в особенности, в районе Байя.

В течение последующих 3–4 столетий эта схема использовалась не только в публичных и частных искусственных банях Рима и всех городов, удаленных от активных термопроявлений, но также в тех местах, где были природные горячая вода или пар. Следовательно, это решительно содействовало быстрому росту использования термальных вод для купаний и внедрению в быт различных социальных классов во всех районах, подвластных Риму, до начала 4 столетия нашей эры. Это подтверждается тем, что в 3-м столетии нашей эры только в Риме было 1000 публичных термоминеральных бань, примерно одна баня на 1000 жителей.

Таким образом, в три первых столетия христианской эры, использование термальных ванн настолько глубоко укоренилось в народных обычаях во всём Средиземноморье, что бани стали местами ежедневных встреч и, соответственно, одним из главных мест гражданской жизни.

Не удивительно, что, завоевывая чужие земли, римляне строили свои военные лагеря близ выходов термальных вод. Известно, что кельтские и даккские центры (Виндобона, Корнутум, Бригетно, Аквинкум, Апулум, Дьерна, Ад Медиам) впоследствии были выбраны римлянами для размещения военных лагерей. Римляне построили и укрепили Виндобону (в настоящее время Вена) около Бадена (Австрия), столицу Верхней Паннонии, центр Легиона и Аквинкум (Будапешт) – столицу Нижней Паннонии. Столица Нижней Паннонии имела термальный комплекс на левом берегу Дуная. Дакия со столицей Улпия Траяна Сармизегетуза имела на своей территории термальные источники Аква (Челан, Хунедора), около Акулума (сегодня Алба Юлия) – центра тринадцатого легиона Гемина – находился термальный комплекс Гермизара (Бэйли Геоджиу). Наиболее важный термальный комплекс в этой части Империи, аква Геркули находился вблизи форта Дробета. Кроме того, Дерна – на левом берегу Дуная, Ад Медиам и Тибисум располагались вдоль имперского пути, следующего в сторону центрального сектора Дакии. Это означает, что план главных дорог учитывал возможность движения через термальные источники, что свидетельствует об их важности.

Во всех странах термальные источники были символом национальных богатств и использовались в зависимости от типа политического устройства. В императорском Китае император и его двор устраивали в горячих источниках торжественные приемы.

Рис. 1.10.8. Разные типы лагоний. (Burgassi, 1987)

Особое развитие получило использование термальных источников в терапевтических целях в Западной Европе. Здесь создавались многочисленные курорты, пользовавшиеся широкой популярностью как места отдыха и лечения и постоянно посещавшиеся многочисленной публикой. Тут-то и родилось общее название этих курортов Спа (от валлонского *espa*, фонтан). В России визиты в Европу – на теплые воды, стали традиционными среди

поместного дворянства по крайней мере со времени царствования Петра Первого, именем которого названо одно из спа.

Рис. 1.10.9. Спа. Слева – Спа Петра Великого, справа – Спа во Фландрии.

Многочисленные проявления термальных вод на территории США детально описаны Лундом *(Lund, 1996)*. Здесь горячие источники стали важной составной частью туристской индустрии. На них построены плавательные бассейны, через которые в год прокатываются десятки (и сотни) тысяч посетителей. Одновременно детально изучены терапевтические свойства вод, что дало возможность специализировать разные источники для лечения разных заболеваний. Использование вод в терапевтических целях нашло широкое применение на Мертвом море в Израиле (см. главу 1.8).

В Японии были приняты специальные постановления о проведении порайонных переписей источников горячих вод. В 713 году императорский двор Японии обязал все провинции Японии составить «Фудоки», или описания природных объектов провинций. Происхождение и описание горячих источников находились в нескольких Фудоки.

На Камчатке использование термальных вод стало возможным после переписи термальных источников, выполненной Б. И. Пийпом *(Пийп, 1937)*.

В суровом климате Исландии многочисленные выходы гидротерм (рис. 1.10.10) служили местами поселения первых обитателей страны, которые основывали свои фермы именно близ горячих источников. Горячие воды давали возможность отопления жилищ, приготовления пищи и стирки. Поэтому естественно, что когда в 1000 году парламент Исландии принял решение об отказе от язычества и принятии христианства, исландцы испугались крещения в холодной воде открытых водоемов и предпочли выходы геотермальных вод, которые и были использованы при крещении всего народа.

Теплые источники и парящие почвы, вероятно, были самыми привлекательными среди природных явлений для первых поселенцев, когда они прибывали в Исландию в 9-м веке нашей эры. Едва ли из поселенцев кто-нибудь видел до этого путешествия горячие источники и активные вулканы. Новизна созерцания горячих источников проявилась во множестве их названий, включая *reuk* (дым), *laud* (горячий источник) и *hver* (кипящий источник), которые вошли в имена собственные, такие как Рейкир, Рейкьявик, Рейкьядалур, Лаугаланд, Даугарватн, Хверавеллир и Хверадалир. Предполагается, что поселенцы подозревали, что горячие источники и паровые струи связаны друг с другом.

Рис. 1.10.10. Карта выходов терм в Исландии (Fridlifsson, 1995)

Олафссон и Пассон *(Ólafsson, Pâlsson, 1943)*, также упоминают, что люди использовали горячую глину из грязевых котлов в Ёлфусе (вероятно, современное геотермальное поле около деревни Хверагерди) для изготовления герметичных деревянных бочек, в которых хранили пищевые продукты. Они также писали о сухих или паровых банях (саунах) в Тингейярсисла на севере Исландии и в Арнессисла на юге острова. Торвалдур Тороддсен, путешествовавший по Исландии в конце XX века (1882–1892 гг) упоминает сухие бани в Стурлуррейкер около Снорриса Рейкхолт на западе острова. Он также свидетельствует, что люди отводили горячую воду на поля, где они выращивали картофель и капусту. Здесь имеется первое документальное подтверждение о подогреве почв. С 13 до конца 18 веков существенный интерес представляла добыча серы на геотермальных проявлениях. В 1776–1792 г.г. геотермальные источники использовались для получения соли из морской воды. Таким образом исландцы дали пример полного использования термальных вод для всех возможных типов из применения.

Использование горячих вод для извлечения содержащихся в ней полезных компонентов началось с доисторических времен. Выше уже упоминалось, что в Италии горячие воды с древнеримских времен широко использовались для получения борной кислоты. Сера осаждалась из горячих вод не только исландцами, но и японцами. На фумаролах вулкана Менделеева на острове Кунашир были поставлены бочки, зараставшие серой, после чего сера извлекалась, а бочка заменялась новой. Особое развитие извлечениие рудных компонентов из горячих вод получило в XX веке. Во вступлении к этой главе упоминалось об установках по извлечению магния из вод Мертвого моря и лития из горячих вод Солтон Си в Неваде.

Другой тип использования природных горячих вод – для выращивания овощей и фруктов – получил особое распространение в Японии. Несмотря на теплый в среднем почти субтропический климат страны здесь подавляющее большинство фруктов и овощей для снабжения всего населения страны выращиваются в парниково-тепличных хозяйствах, что позволяет избавиться от климатических капризов. Нельзя не отметить разницу в подходе к снабжению парниковыми овощами в Японии и на Камчатке, где парниково-тепличный комбинат в бассейне реки Паратунки использовался главным образом для снабжения работников обкома партии и вообще областного начальства. В демократической Исландии источники рассматриваются как национальное достояние. В итоге исландцы (все желающие того исландцы) получают бананы, выращенные в местных теплицах. Бананы – это, конечно, роскошь (символ, однако, замечательный!), но свежие овощи и фрукты – предмет первой необходимости в суровом климате страны.

XX век – столетие геотермальной энергетики

Район Лардерелло в Тоскане (Италия) был и остался опытным полигоном, на котором разрабатывались основные концепции геотермии, и была построена первая в мире опытная энергетическая установка по получению электроэнергии за счет природных гидротерм.

В отношении теоретических вопросов здесь дискутировались три проблемы:

Связь геотермальных проявлений с региональной тектоникой.

Тот факт, что бурение ни в одном случае не вскрыло магматических тел на глубине.

Что является источником борной кислоты в гидротермах?

По первому вопросу конец дискуссии положила работа Р. Мурчисона *(Murchison, 1850)*, в которой было ясно показано, что термы локализуются вдоль тектонического нарушения, имеющего то же простирание, что и основные разломы и складчатые структуры Аппенинского полуострова.

Для объяснения отсутствия магматических тел в глубинной части геотермальной системы было предложено паллиативное решение, предполагающее наличие на глубине не вскрытой бурением не до конца остывшей магматической камеры, поставляющей тепло гидротермам. Это касается, в частности, геотермального поля Лардерелло. Учитывая, что в этом районе нет обнажений изверженных пород, Лотти *(Lotti, 1900)* пришел к выводу о том, что гранитная интрузия залегает на относительно малой глубине, а корневые части её представлены активным магматическим очагом. Он считал, что магматическое тело, подвергаясь охлаждению, питает геотермальную систему Лардерелло не только теплом, но и паром. Лотти утверждал, что пар, выделяемый паровыми струями и другими природными термопроявлениями не только в Лардерелло, но также и на других геотермальных полях мира (включая гейзеры, сольфатары и т. д.), являются проявлениями финальной стадии активного магматического процесса. Эта теория, совершенствовалась на протяжении 1900–1928 г.г.

По вопросу о предполагаемом источнике борной килоты дискутировались две гипотезы. С одной стороны Л. Диеулафайт, Франция *(Dieulafait, 1877)* предполагал, что борная кислота, содержащаяся в паровых струях, образована выщелачиванием метеорными водами погребенных эвапоритовых осадков миоценового возраста. В частности, он считал, что тепловая аномалия связана с магматическими массами, тогда как пар является производной процесса парообразования метеорных вод, просочившихся по трещинам в глубокие высокотемпературные формации.

Е. Беки *(Bechi, 1878)*, однако, принимая в расчёт присутствие значительного количества обнажений серпентинитов, мощность которых достигала многих сотен метров в районе Лардерелло, высказал гипотезу, что борная кислота образовалась в результате разложения борных силикатов, содержавшихся в этих породах. Разложение, по его мнению, происходило при их взаимодействии со струями CO_2, восходящими из недр.

Этой точке зрения противопоставлялась «теория ювенильного происхождения геотермальных флюидов Лотти и была широко распространена среди исследователей 40 лет назад. И, наконец, стоит сказать, что во время своих полевых работ Лотти составил детальную геологическую карту района Лардерелло, и она служила в качестве путеводителя в полевых экскурсиях 1-го международного геотермального конгресса, который происходил в Лардерелло в 1928 году в рамках 41-го Конгресса Итальянского геологического общества.

Практическое применение гидротерм для получения электроэнергии началось с того, что в 1904 году тосканский граф Дж. Пьеро Конти провел очень важный опыт: от природного пара в том же районе, Лардерелло, зажглись пять электрических светильников. В 1905 году эксперимент был расширен до освещения фабрики по производству борной кислоты. В 1913 на основе поршневой машины на природном паре была создана опытная

энергоустановка мощностью 250 кВт. В следующем году введены в действие три турбогенератора мощностью 1250 кВт, а в 1916 году мощность первой геотермальной электростанции возросла до 12 МВт, в 1930 году до 20, а в 1942 году до 130 МВт. В 1953 году итальянские ГеоТЭС с общей мощностью 290 МВт вырабатывали 2.5 млрд. квт.ч., то есть 6 % всей производимой в стране электроэнергии. В 1978 году мощность 17 энергоблоков достигла 420, а в 1984 году – 457 МВт. В настоящее время общая мощность ГеоТЭС Италии превышает 1 Гвт (1 млн. кВт).

Первая же промышленная ГеоТЭС Лардерелло стала вырабатывать самую дешевую в мире электроэнергию – в 4–5 раз дешевле, чем на топливных электроустановках. В 1918 году, всего через два года после пуска станции 1, в Лардерелло был впервые предложен проект постройки станции в Вайракее (Северный остров Новой Зеландии). Только в 1940-х годах эти предложения были тщательно изучены в связи с нуждами в снабжении энергией индустрии Северного острова. Первые исследовательские скважины были пробурены в 1950 году, и к 1953 году было собрано достаточно информации, чтобы установить выгодность строительства первой энергетической установки в Вайракее мощностью 20 МВт. Работы на этой основе продолжались до 1956 года, когда проект предполагаемого завода по производству тяжелой воды был оставлен. Вайракейская электростанция была официально открыта в 1958 году с конечной мощностью 193 МВт. В связи с падением давления пара четыре турбины высокого давления были закрыты. Две из них были заново установлены в 1989 году на станции Охааки. С 1958 года по 1987 станция принадлежала электрическому департаменту Новозеландского министерства электроэнергии.

Вслед за Италией в 1919 году были начаты опыты по созданию ГеоТЭС на месторождении Беппу в Японии. К 1982 году мощность девяти японских ГеоТЭС составила 228 МВт, а в настоящее время приближается к 1 Гвт.

В 1960 была построена первая крупная ГеоТЭС в 160 МВт на пароводяной смеси из скважины Вайракей в Новой Зеландии. В том же году введена в эксплуатацию первая энергоустановка на крупнейшем в мире месторождении сухого пара Гейзеры в 160 км от Сан-Франциско. Быстро наращивая мощности геотермальной энергетики на базе этого и других месторождений, США в 1973 году обогнали Италию и уверенно лидируют при общей мощности ГеоТЭС более 3 млн. кВт. Здесь и далее источником являются материалы, помещенные на сайте Геотермальная энергетика.

Примером очень быстрого и весьма эффективного освоения ресурсов природного пара служат Филиппины. В 1962 году здесь была начата разведка геотермального района Тиви на острове Лусон, в 1967 году создана опытная энергоустановка, в 1979 году построены два ГеоТЭС (мощностью 446 МВт). Филиппины по производству электроэнергии за счет геотермальных истчников вышли на второе место после США, а годовая прибыль от освоения геотермической энергии составила 176 млн. долларов.

На 2003 на третьем месте в мире по выработке геотермальной энергии находится Мексика. Установленная мощность работающих на тепле Земли электростанций составляет здесь 953 миллиона киловатт. На важнейшей термальной зоне Серро Прито расположились станции общей мощностью 750 МВт.

В Исландии действуют пять теплофикационных ГеоТЕС общей мощностью 570 МВт, которые производят 25 % всей электроэнергии в стране.

Дополнительный импульс исследование и освоение геотермальных ресурсов получили после энергетического кризиса 70-х годов. В развитых странах геотермальные исследования проводились на постоянной основе. Так, например, в США была принята 10 летняя программа по изучению объектов, которые в какой-либо степени могут быть источником подземного тепла. В сферу внимания вовлекались все поверхностные термопроявления, как действующие в настоящее время, так и в недалёком прошлом (четвертичный период), вул-

каны зоны андезитового вулканизма, зоны поверхностного гидротермального изменения пород на вулканах и сопряжённых с ними структурах, термальных аномалий в недрах потухших вулканов и нефтегазовых месторождений.

После длительного единоличного лидерства в геотермальной энергетике Италии, где на высокотемпературной гидротермальной системе Лардерелло была построена Гео ТЭС на 250 МВТ, в 1957 году в Новой Зеландии, в Вайракее начала работать Гео ТЭС, мощность которой впоследствии колебалась от 190 МВТ до 147 МВТ. В 1960 году в США на Гейзерах Калифорнии вошла в строй 12 мегаваттная ГеоТЭС. В это время начинаются усиленные поиски альтернативных источников энергии (солнца, ветра, гидротерм и др.), из которых приоритетной была геотермальная энергия.

Освоение энергии земных недр сопровождалось усилением научных исследований, а также разработкой технологий выбора мест бурения геотермальных скважин, усовершенствования конструкции как подземного, так и наземного оборудования, отработки технологических процессов отбора тепла из низко- и высокотемпературных гидротермальных систем и из сухих нагретых горных пород. В конце 70-х годов решаются проблемы оценки тепловых ресурсов различного типа геотермальных систем и создания их моделей и программного обеспечения ЭВМ.

В настоящее время существует комплекс методов и способов оптимального объёма научно-исследовательских, поисковых, разведочных и эксплуатационных работ, который применяется при освоении энергетических ресурсов современных геотермальных (сюда включены не только разнообразные гидротермальные системы, но и системы нагретых твёрдых пород и системы высокого давления – геотермальные системы, находящиеся под большим давлением в нефтегазовых месторождениях). Одновременно получила развитие система подготовки кадров геотермальных геологов.

Результаты этих достижений приводятся в таблицах 1.10.1 и 1.10.2

Таблица 1.10.1.1. Установленная энергетическая мощность ГеоТЭС по странам и годам.

Страна 1	1990 МВе 2	1995 МВе 3	2000 МВе 4	2005 МВе 5	2010 МВе 6
Аргентина	0.7	0.6	0	0	0
Австралия	0	0.2	0.2	0.2	1.1
Австрия	0	0	0	1	1.4
Китай	19.2	28.8	29.2	28	24
Коста Рика	0	55	142.5	163	166

1	2	3	4	5	6
Сальвадор	95	105	161	151	204
Эфиопия	0	0	8.5	7	7.3
Франция (Гваделупа)	4.2	4.2	4.2	15	16
Германия	0	0	0	0.2	6.6
Гватемала	0	33.4	33.4	33	52
Исландия	44.6	50	170	322	575
Индонезия	144.8	309.8	589.5	797	1197
Италия	545	631.7	785	790	843
Япония	214.6	413.7	546.9	535	536
Кения	45	45	45	127	167
Мексика	700	753	755	953	958
Новая Зеландия	283.2	286	437	435	628
Никарагуа	35	70	70	77	88
Папуа Новая Гвинея	0	0	0	39	56
Филиппины	891	1227	1909	1931	1904
Португалия (Азорские) острова)	3	5	16	16	29
Россия (Камчатка)	11	11	23	79	82
Таиланд	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Турция	20.6	20.4	20.4	20.4	82
США	2774.6	2816.7	2228	2544	3093
Итого	5831.7	6866.8	7974.1	9064.1	10716.7

Таблица 1.10.2. Прямое использование геотермального тепла

Страна	1995 Энергия ТДж/год	2000 Энергия ТДж/год	2005 Энергия ТДж/год	2010 Энергия ТДж/год
1	2	3	4	5
Албания			8.5	40.5
Алжир	1657	1586	2417	1723.1
Аргентина		449	609.1	3906.7
Армения	1		15	15
Австралия		351	2968	235.1
Австрия	200	1609	352	3727.7
Беларуссия			13.3	33.8
Бельгия	101.6	107	431.2	547
Босния-Герцеговина				255.4
Бразилия			6622.4	6622.4
Болгария	778.5	1637	1671.5	1370.1
Канада	47	1023	2546	8873
Карибские острова		1	2.8	2.8
Чили		7	131.1	131.8
Китай	16981	37908	45373	75348.3
Колумбия		266	287	287
Коста Рика			21	21
Хорватия		555	681.7	468.9
Чехия		128	1220	922
Дания	45	75	4360	2500
Эквадор			102.4	102.4
Египет		15	15	15
Сальвадор				40

1	2	3	4	5
Эстония				356
Эфиопия			15	41.6
Финляндия		484	1950	8370
Франция	7350	4895	5195.7	12929
Грузия	7685	6307	6307	659.2
Германия	303	1568	2909.8	12764.5
Греция	135	385	567.2	937.8
Гватемала	83	117	52.5	56.5
Гондурас		17	17	45
Венгрия	5861	4086	7939.8	9767
Исландия	21158	20170	23813	24361
Индия		2517	1606.3	2545
Индонезия		43	42.6	42.6
Иран			752.3	1064.2
Ирландия			104.1	764
Израиль	1196	1713	2193	2193
Италия	3629	3774	7554	9941
Япония	6942	26933	5161.1	15698
Иордания		1540	1540	1540
Кения		10	79.1	126.6
Южная Корея		753	175.2	1954.7
Латвия				31.8
Литва		599	458	411.5
Македония	509.6	510	598.6	601.4
Мексика		3919	1931.8	4022.8
Монголия			213.2	213.2
Марокко				79.1
Непал		22	51.4	73.7

1	2	3	4	5
Нидерланды		57	685	10699.4
Новая Зеландия	6614	7081	7086	9552
Норвегия		32	2314	25200
Папуа Новая Гвинея			1	1
Перу		49	49	49
Филиппины		25	39.5	39.6
Польша	740	275	838.3	1501.1
Португалия		35	385.3	386.4
Румыния	2753	2871	2841	1265.4
Россия	2422	6144	6143.5	6143.5
Сербия			2375	1410
Словакия	1808	2118	3034	3067.2
Словения	761	705	712.5	1136.4
Южная Африка				114.8
Испания			347.2	684
Швеция	960	4128	36000	45301
Швейцария	3470	2386	4229.3	7714.6
Таджикистан				55.4
Тайланд		15	28.7	79.1
Тунис		201	219.1	364
Турция	1987	15756	19623.1	36885.9
Украина			118.8	118.8
Великобритания		21	45.6	849.7
США	13890	20302	31239	56551.8
Венесуэлла		14	14	14
Вьетнам			80.5	92.3
Йемен		15	15	15

1	2	3	4	5
Югославия	2375	2375		
Итого	112441	190699	261418	438071

Анализ, приведённых выше таблиц свидетельствует об экономической целесообразности использования геотермальных ресурсов даже при наличии других энергетических источников. Аргументы, что геотермальный теплоноситель экономически не конкурентоспособен с другими видами энергетических источников, являются неправомочными. Несостоятельность такой аргументации состоит в том, что места добычи природного газа удалены от населенных пунктов на многие километры и, например, для того, чтобы доставить газ к электростанциям города Петропавловска-Камчатского, необходимо проложить большой протяженности газопроводы, сжечь газ в котельных, получить пар и передать его на турбину.

Геотермия – ключ к решению фундаментальных проблем геологических наук

Развитие геотермальной энергетики способствовало координации усилий по изучению связанных с нею фундаментальных проблем и выработке нового, энергетического подхода к целому ряду фундаментальных проблем геологических наук.

Начало всему этому положила состоявшаяся в 1961 году в Риме под эгидой ЮНЕСКО Международная конференция по новым источникам энергии (геотермия, энергия солнца, ветровая, биологические отходы и т. д.). Эта конференция положила начало мировой координации геотермальных исследований. От Советского Союза на нее было послано два доклада Б. И. Пийпа, В. В. Аверьева и В. В. Иванова. Они впервые познакомились с мировым опытом строительства геотермальных электростанций проблематикой фундаментальных научных исследований, связанных с геотермией.

Камчатские исслователи получили большое количество оттисков научных публикаций по этой тематике. По воспоминаниям В. И. Белоусова, именно тогда В. Аверьев получил возможность использовать статью Бодвардссона, а сам В. Белоусов использовал объяснения роли верхнего водоупорного горизонта, как теплоизолятора, из статьи Факка и Тонани, статьи Макнитта о геотермальной системе Гейзерс в Калифорнии и о месторождениях Оникобе и Матсукава в Японии, не говоря о бурении на лавовом озере Килауэа-Ики. Ко времени проведения Конференции в Риме по новым источникам энергии только в 3-х странах были построены и входили в разряд действующих три ГеоТЭС: две, работавшие на паровых геотермальных системах (Лардерелло в Италии и Гейзерс в Калифорнии в США), и одна (Вайракей, в Новой Зеландии), работающая на высокотемпературной гидротермальной системе. В последней из скважин получали пароводяную смесь, подававшуюся на сепараторы, где происходило разделение на пар и воду. На Вайракейской системе пар по трубопроводам поступал на турбины, после прохождения которых, он конденсировался холодной водой, и жидкие гидротермы после сепаратора по каналу сбрасывались в ручей Вайракей и далее в реку Вайкато.

Возможность существования глубинных геотермальных ресурсов (глубже 2 000 м дневной поверхности) изучалась, в первый раз, при реализации национального проекта «Изучение большой глубинной геотермальной системы с целью охраны окружающей среды» *(1978–1985)* в районе Хохи на острове Кюсю в Японии. Также этим проектом пре-

следовалась цель подтверждения наличия высокотемпературного пара глубже 2.500 м *(MITI, 1987)*. Проект изначально мыслился, как международный, и целью его было получение данных о физических условиях в корневых частях геотермальных систем и проблемах рудообразования. Было показано, что глубинные ресурсы встречаются в вертикальных зонах разрывных нарушений, где глубина верхней поверхности до третичного фундамента резко изменяется. Вслед за этим, при реализации другого национального проекта «Исследование, подтверждающее эффективность методов разведки глубинных геотермальных ресурсов» в районах Сенган и Курикома с 1980 по 1988 гг, было показано, что глубинные геотермальные ресурсы находятся не только в вертикальных зонах разрывных нарушений, но также в гранитах неогена и по их периферии, внедрившихся в дотретичный фундамент. Резервуар глубинных гидротерм, открытый на поле Сумикава в геотермальном районе Сенган, доказал, что ресурсы имеют более высокую температуру и большие запасы, чем неглубокие резервуары.

Последующие результаты этого проекта и данные нового национального проекта «Изучение глубинных геотермальных ресурсов» были получены на геотермальном поле Какконда в 1992–2000 гг. Целью проекта было пробурить скважину глубиной 4 км и выяснить условия существования источников тепла, чтобы понять геотермальные условия, включая субповерхностную систему, и оценить возможность использования глубинных гидротерм. Начальная концептуальная модель исследований показана на рис. 1.10.1 *(Kato et al., 1993)*. ГеоТЭС Какконда № 1 начала работать с 1978 года и имела мощность 50 Mwt, станция № 2 мощностью 30 Mwt начала работать с 1996 года. Проект изначально мыслился, как международный, и целью его было получение данных о физических условиях в корневых частях геотермальных систем и проблемах рудообразования. В ходе его было пробурено 70 скважин глубиной от 1000 до 2000 метров. Неглубокая зона оказалась хорошо проницаема и температуры флюида составляла 239–260 °C. Недавно было пробурено 5 скважин глубиной 2463–3000 метров. Граница между обоими зонами характеризовалась быстрым возрастанием температуры на глубине примерно 1500 метров. В то врмея как более глубокая зона была менее проинцаема и температуры превышали 300–350 °C. В 1994 году было начато бурение исследовательской скважины с проектной глубиной 4000 метров, чтобы исследовать геотермальные ресурсы глубинных горизонтов. Бурение было прекращено на глубине 3729 метров в связи с проблемами безопасности (высокими содержаниями газов CO_2 и H_2S и трудностями контролирования бурения. Температуры вблизи забоя достигли 500–510 °C года *(Kasai et al., 2000)*.

Проблематика и предлагаемые решения

Идея прямой связи гидротерм (и газов) с вулканическими проявлениями была настолько всеобщей (см. введение к настоящей главе), что когда в районе проявления гидротерм одновозрастных им вулканических центров не обнаруживалось, то это вызывало недоумение и требовало дополнительных разъяснений. Так произошло, в частности, с одним из наиболее изученных гидротермальных районов мира Лардерелло-Травале в Италии *(Gianelli G., Manzella A., Puxeddu M., et al. 1997)*, где бурение не обнаружило магматических тел. Позже аналогичная ситуация обнаружилась в Тибете *(Dor Ji, Zhao Ping, 2000)*. Между тем общее сравнение пространственного положения районов распространения гидротерм с районами современного вулканизма показывает, что какое-либо соответствие между ними отсутствует. Как известно, на востоке США (в Джорджии, Вирджинии) нет никаких указаний на наличие молодого вулканизма, между тем как здесь располагаются многочисленные горячие источники *(Lund et al., 2005)*. Аналогичная ситуация наблюдается в Китае *(Wang et al., 1995)*.

Тут надо отметить, что кажущаяся ассоциация гидротерм с кислым вулканизмом отражает связь гидротермальной деятельности с процессами тектонического поднятия (орогениями) и, добавим, процессами формирования гранитного слоя коры и корней гор.

Детальное обсуждение природы и источников поступления отдельных компонентов гидротермальных растворов проведена в работах *(Giggenbach, 1997, Pirjino, 2008)*, так что повторять его здесь нет смысла. Опубликованные почти полтора десятка лет назад, эти статьи доступны российским читателям. Более того, языковой барьер был снят тем, что они переведены на русский (работа Пирджино частично) и помещены в интернете *(Белоусов)*. Но основополагающее их значение так велико, что представляется полезным прямо поместить большие цитаты из них, чтобы дать читателю представление об использованном материале и методике его анализа.

Было показано, что, судя по изотопному составу, гелий и водород в гидротермах имеют мантийное (вернее сказать – глубинное происхождение), в то время как азот связан с окислением субдуцириемых осадочных толщ. За отсутствием соответствующих данных относительная роль этих двух групп летучих при этом не обсуждалась. Всякие попытки считать, что подавляющая часть летучих компонентов гидротерм генерировалась за счет второго из этих двух процессов, вряд ли можно считать оправданной, особенно для стабильных блоков, где субдукция отсутствовала, а вулканогенные комплексы наложены на разнородный фундамент.

Само по себе признание глубинного источника существенной части летучих компонентов гидротерм ставит вопрос о возможности циркуляции летучих при больших давлениях в мантии. Положительный ответ на этот вопрос дают данные о наличии гидротерм в Кольской сверхглубокой скважине на глубине более 10 км *(Белоусов и другие, 2001)*.

Всякий раз, когда обсуждается вопрос о связи гидротермальной деятельности с вулканизмом, всегда имеют в виду кислый вулканизм. В. В. Аверьев *(1966)* в своей обобщающей работе писал, что 70 % всех поверхностных гидротерм прямо ассоциируются с проявлениями кислого вулканизма и лишь в Исландии гидротермы связаны с базальтовым вулканизмом. Реально обилие гидротермальных проявлений в Исландии отражает не связь с базальтовым вулканизмом, а то, что Исландия располагается в осевой части Срединно-атлантического хребта, то есть опять-таки связана со структурой орогенического поднятия.

Очень важно рассмотреть возможные типы структур, с которыми связывается транспортировка гидротерм. Можно различить два типа таких структур:

Структуры, по которым осуществляется первичное поступление гидротерм из областей их генерации. Со структурами этого типа ассоциируются всевозможные промежуточные вулканические очаги и корневые части экструзивных вулканических куполов и тектонические нарушения достаточной глубины заложения. Примером роли таких разломов является локализация гидротермальных проявлений в пределах Узон-Гейзерной вулкано-тектонической депрессии на Восточной Камчатке, располагающихся вдоль глубинного широтного разлома типа сбросо-сдвига *(Эрлих, 2009)*.

Структуры, в которых происходит перераспределение летучих компонентов. Расположенный в верховьях реки крупный экструзивный купол Горячая сопка мог служить первичным каналом, по которому поступали мантийные флюиды. Это объясняет повышенную температуру и геохимические особенности терм Горячей сопки. После этого флюид начинает транспортироваться по толще, заполняющей Паратунский грабен. Циркуляция осложняется наличием в фундаменте грабена мало проницаемых гранитоидов, играющих роль своего рода плотины. Вот эти-то контаминированные относительно низкотемпературные термы и выходят на Паратунке.

Идеальную комбинацию обоих типов структур представляют кальдеры и вулкано-тектонические депрессии.

Проницаемость земной коры и верхней мантии для природных теплоносителей

Гидротермальные системы образуются при взаимодействии воды и разломов, а также других переменных факторов, таких как тип вмещающих пород, температура, геохимия и т. д. Гидротермы влияют на эволюцию разломов, а разломы и трещины распределяют гидротермы в окружающие породы. Хрупкое дробление компетентных вмещающих пород в верхней части коры формирует проницаемость, которая участвует в гидротермальном образовании минералов магматических зон. Так, например, очень большие объёмы гидротермальных растворов необходимы для того, чтобы транспортировать промышленные количества золота. При растворимости 1×10 – 8 необходимо 106 – 7 литров гидротерм (что эквивалентно олимпийскому плавательному бассейну), чтобы переместить около 3-х унций золота *(Corbett, Leach, 1998)*. Достаточно подробно результаты исследований проницаемости, связанные с миграцией рудных гидротерм, представлены в работе Дж. Лоулисса. Далее в тезисной форме излагается обзор о контроле проницаемости в гидротермальных системах этого исследователя.

Согласно данным Дж. Лоулисса, различаются два типа проницаемости: первичная и вторичная. Первичная проницаемость представлена: первичными порами, трещинами остывания изверженных пород, литологическими контактами, строением эруптивных каналов. Вторичная проницаемость обусловлена внедрением магматических интрузий, тепловым расширением пород, их растворением, тектоническими процессами, гидротермальным брекчированием. Вторичная проницаемость обычно важнее первичной проницаемости. Обычно миграция воды происходит в главных структурах вторичного происхождения. Эти структуры, сформированные в результате вторичных процессов, мощнее и протяженнее структур, образованных первичными процессами.

Способность структуры к проводимости жидкости изменяется, примерно, в четвертой степени по отношению к ширине структуры (в зависимости от формы). Таким образом, для проводимости воды важнее несколько больших разломов, чем множество мелких трещин.

Вторичные процессы, формирующие проницаемость, наиболее вероятно, могут приводить к образованию проницаемых проводящих каналов с большими углами падения. Это обусловлено полем напряжений в типичном вулканическом поясе.

Ответная реакция на тектоническое напряжение проявляется в виде серии сопряженных сдвигов с большими углами падения, или проявляется в виде эшелонированных структур рубцов растяжения (короткая трещина растяжения, вдоль которой стенки раздвинуты). Такие трещины могут быть открытыми или заполненными и обычно имеют эшелонированное расположение. Они могут быть диагональными в зонах разломов или протягиваться перпендикулярно кливажу в зонах будинажа, а не вне плоского единого разлома. Это относится к широкому интервалу масштабов. Идея о характере процессов растяжения или изгибов разломов растяжения, и их последствиях успешно применена к процессу локализации эпитермальных месторождений. Образованное пространство в открытом разломе обусловливает фокусирование среды с пониженным давлением в потоке гидротерм, в связи с чем происходит ускорение его движения и интенсификация процесса отложения руд (рис. 1.10.11).

Рис. 1.10.11 Нарушение спокойного течения гидротерм в изгибах разлома растяжения. Лоулисс Дж.

Исследование этой структурной ситуации также объясняет, почему некоторые жильные месторождения «прерываются» разломами, а не образуются расширения жил (рис. 1.10.12).

Рис. 1.10.12. Интерпретация структуры разрывов, вскрытой шахтой Марта, месторождение Вайхи, Новая Зеландия. Структура представлена изгибом разлома растяжения с горизонтальным смещением. Лоулисс.

Важно отличать образование разломов, происходящее одновременно с рудоотложением, от процесса образования разломов, образованных после отложения руд. На больших глубинах размещение магмы, формирующее порфировые месторождения, может происходить в структурах «расплющивания».

Изменение проницаемости на глубине. Вертикальные зоны, в которых может образоваться промышленная эпитермальная минерализация, контролируются в значительной мере химическим составом гидротерм и кривой кипения воды, в то время как порфировые месторождения, которые располагаются вблизи породивших их интрузий, зависят от температурного режима гидротерм. Но имеются некоторые общие механизмы, которые также имеют значение в образовании этих месторождений. Предполагается, что эти механизмы обусловлены изменением поведения гидротерм в зонах проницаемости, протягивающихся на большие глубины, для чего необходимо проанализировать гидродинамику типичной гидротермальной системы снизу вверх от её корневых уровней (рис. 1.10.13).

Рис. 1.10.13 Вертикальное распределение структуры проницаемых зон в гидротермальных системах. Лоулисс.

Большая часть информации получена по результатам бурения геотермальных скважин на активных гидротермальных системах. По мере прогресса технологии бурения, геотермальные скважины проникали в более высокотемпературные среды. Таким образом, энергетическая производительность скважин возрастала. Однако этот процесс привёл, с некоторых пор, к обратному результату. Опытное геотермальное бурение в современных гидротермальных системах в регионах развития андезитового вулканизма глубже 2500 м показало, что проницаемость здесь не такая хорошая, как на меньших глубинах. Это привело к разочарованию в использовании геотермальной энергии.

Наблюдения показали, что геотермальные скважины часто вскрывали лучшие зоны проницаемости в интервале температур 260–300 °C, чем на более высокотемпературных глубинах. Оказалось, что ответ на эту загадку находится в природе деформации пород при этих температурах. При температуре выше 320 °C обычные вмещающие породы будут деформироваться значительно быстрее, чем происходит образование разломов, или «залечивание» разломов в более короткое время по сравнению со скоростью накопления напряжений вследствие подвижки тектонических плит. В связи с этим наибольшая проницаемость существует непродолжительное время.

Такой же процесс хорошо известен структурным геологам, работающим на метаморфических толщах. Они отмечают так называемый «кварцево-полевошпатовый хрупко-пластичный переход» и температурную границу, расположенную примерно на той же глубине (на уровне 320–340 °C). Однако в метаморфических зонах, для которых характерен значительно меньший геотермический градиент, чем в гидротермальных системах, этот переход находится на больших глубинах, где давление также значительно больше. В гидротермальных системах переходная зона располагается существенно ближе к дневной поверхности. Здесь отмечается предельная глубина слабых землетрясений. Хорошо известно, что количество микроземлетрясений уменьшается глубже зоны перехода (10–15 км в условиях континентальной коры). Современные гидротермальные системы часто полностью несейсмичны по сравнению с окружающими регионами.

Другой фактор, приводящий к уменьшению проницаемости на глубине, – это процесс образования зон отложения кремнезёма. Магматические летучие поздних стадий магматизма и гидротермы обычно близки к состоянию насыщения кремнезёмом потому, что они находятся в равновесии с породами, содержащими кремний. Однако растворимость кремнезёма зависит как от температуры, так и от состояния гидротерм. Летучие компоненты, находящиеся в надкритическом состоянии, могут содержать значительно больше кремнезёма в растворённом состоянии, чем вода при критических температурах (рис. 1.10.14). Таким образом, летучие (флюид), остывая от почти магматических надкритических температур

до почти критических, становятся пересыщенными по отношению к кремнезёму, и из них отлагается кварц. Нельзя назвать точную температуру этого процесса, поскольку критическая температура водного раствора зависит от его минерализации. Но в некоторых условиях вблизи остывающего плутона будет располагаться зона, в которой отлагается кремнезём, тем самым снижая проницаемость. Этому, вероятно, способствует процесс отделения магматических летучих около плутона и выше расположенных конвекционных гидротерм, которые, в основном, имеют метеорное происхождение.

Рис. 1.10.14. Расчётная растворимость кварца в воде до 900 °C при определенных давлениях (Fournier, 1985).

Следовательно, высокая проницаемость в порфировых структурах и в недрах эпитермальных структур существует непродолжительный срок.

Проницаемость может возникать при образовании разломов, связанных с гидравлическим дроблением, производимым внедрившимися интрузиями, или/и в результате теплового расширения нагретых пород (образование контракционных трещин), которое может существовать продолжительное время. Эти эффекты усиливаются свойствами воды при высоких температурах.

При высоких температурах вода обладает очень низкой вязкостью. Известно, что в этом отношении она больше напоминает газ, чем жидкость и, следовательно, высокотемпературная вода может легко проникать даже в тончайшие трещины. Она также имеет очень низкую плотность. Таким образом, большой объём высокотемпературных гидротерм, просачивающийся через породу, может прореагировать с этой породой и образовать минералы. Это не относится к очень насыщенным солёным рассолам, образовавшимся около интрузий в результате разделения фаз при декомпрессии (снижение давления). Они очень тяжелые и могут, фактически, не подвергаться конвекции. В результате этого около интрузии и в ней образуется порфировая минерализация. Часто продвижение температурного поля гидротермальной системы вверх к дневной поверхности, когда изотермы от 300 до 240 °C располагаются на глубине 1–3 км, обусловлено высокой проницаемостью высокотемпературных гидротерм. Породы достаточно прочные, чтобы могли образоваться трещины, могут охлаждаться настолько, что это приводит к быстрому выпадению минералов и последующему полному и быстрому закупориванию системы. В этом интервале глубин отсутствует резкий перепад растворимости большинства обычных гидротермальных минералов. Здесь проходит граница, обусловленная свойствами гидротермальных растворов, и она располагается ниже уровня, на котором находится большая часть эпитермальной рудной минерализации.

Несмотря на то, что гидравлическое дробление является обычным в процессе развития гидротермальных систем и, как правило, гидротермы поднимаются по трещинам под большими давлениями, имеются некоторые существенные исключения. В редких случаях проникновение гидротерм в вышерасположенные горизонты обусловливалось резким опусканием этих участков гидротермальных систем на большие глубины.

Рис. 1.10.15. Кривая кипения гидротерм относительно глубины их расположения. (Fournier, 1985).

Механизм образования разломов. Расщепленные и штокверковые трещины/жилы, которые образовались в результате внедрения интрузии и её охлаждения, являются важными механизмами движения гидротерм от интрузий, расположенных глубже, в более холодные и на вышерасположенные уровни в земной коре. Предполагается, что интрузии быстро внедряются под влиянием структурных растяжений и при выделении летучих в апофизы. Вертикально вытянутые интрузии могут наиболее легко внедряться вверх во время релаксации регионального режима напряжений. Вертикальные напряжения становятся доминантными. Конусовидные трещины расщепления окружают кольцом вершину интрузии и распространяются вверх в виде концентрического или отклоненного прямолинейного сегмента и характеризуются изменениями наклона от умеренного вблизи интрузии, до более крутого как на более высоких уровнях, так и на удалении от интрузии.

Рис. 1.10.16. Структуры/жилы и порфировые интрузии (Corbett, Leach, 1998).

Магматогенные структуры проницаемости. Исландия является большой субаэральной частью срединно-океанического хребта, связанного с современной спрединговой зоной. Уникальной особенностью этого района является возможность непосредственного изучения всех процессов, связанных со становлением и развитием современных долгоживущих вулканических центров и современных с ними гидротермальных систем. Сопоставление данных, получаемых при исследовании таких структур с их третичными и плейстоценовыми аналогами, позволяет формировать и детально моделировать инфраструктуру и механизм гидротермально-магматических конвективных систем на океаническом этапе их становления и деятельности. К таким структурам относятся рои трещин и даек, вулканы центрального типа, силлы *(Gudmundsson, 1995)*

Рои трещин и даек. Голоценовые рои трещин в Исландии обычно имеют ширину 5 – 10 км и длину 40–80 км, некоторые из них достигают ширины 20 км и длины 100 км и содержат сотни тектонических разрывов. Общее растяжение поперёк роя достигало максимум 9 м и вертикального смещения порядка 1–3 м. Максимальное растяжение относится, в основном, к дайкам, проводящим магму, размещённым вблизи края кальдер.

В каждом рое трещин большинство коротких нарушений представлено трещинами растяжения, тогда как длинные нарушения являются нормальными разломами. Большинство региональных даек в Исландии субвертикальные. Многие дайки секут лавы почти под прямыми углами. Нет данных, что избыточное давление в магме внедрившейся дайки влияет на образование разломов.

Вулканы центрального типа. Многие вулканические системы Исландии представляют собой вулканы центрального типа (сложные вулканы), возможно большинство, из которых питаются из неглубоких коровых магматических очагов. Каждый очаг действует как ловушка для восходящих даек (из более глубокого резервуара) и каналов магмы, движущейся к поверхности на ограниченном участке, который, по существу, становится вулканом центрального типа (рис. 1.10.17).

Рис. 1.10.17. Схематическая иллюстрация предполагаемых магматических резервуаров под вулканическими системами рифтовой зоны в Исландии. рд – рои даек, с – силлы, К – коровый магматический очаг, мр – магматический резервуар, цв – вулкан центрального типа, ти – трещинное извержение, РТ – рой трещин (Thordarson, Larsen, 2007).

Фокусирование магмы на участке ограниченного размера предполагает приток расплава в очаги и резервуары, образованные в результате плавления вмещающих пород. Этот процесс является основной причиной формирования специфических вулканов центрального типа в вулканических системах. Плавление вмещающих пород является одним из главных процессов, в результате которых коровые очаги создают пространство для самих себя, и, следовательно, играют важную роль в эволюции и росте очагов и резервуаров. Большие плутоны встречаются в корнях большинства глубоко эродированных потухших третичных и плейстоценовых вулканов центрального типа. Объёмы их составляют 10 км^3. Многие крупные интрузии связаны с роями силлов. Все эти большие плутоны находятся в юго-восточной Исландии.

Рои силлов. В корнях большинства глубоко эродированных плейстоценовых и третичных вулканов центрального типа наблюдаются плоские рои наклонных силлов. Все наблюдённые рои силлов в Исландии, распространение которых ограничено вулканами центрального типа, обычно имеют вид круга или слабо вытянутого эллипса, радиус которых составляет несколько километров. Простирание и падение силлов колеблется в широких пределах и резко изменяется, как по простиранию, так и по падению. Обычны ответвления отдельных силлов и их пересечения.

Гудмундссон *(Gudmundsson, 1995)* предполагал, что каждая вулканическая система в рифтовой зоне снабжается магмой из куполообразного магматического резервуара, асположенного на границе между корой и верхней мантией (рис. 1.11.18).

Магматические резервуары, частично расплавлены, за исключением самых верхних частей, которые, по-видимому, расплавлены полностью. Резервуары представляют собой полуэллипсы. Они отделяются друг от друга участками утолщённой земной коры. Таким образом, магма в каждом резервуаре может развиваться независимо от магм в соседних резервуарах. Инфраструктура вулканической системы в центре фиксируется дайками (Д), наклонными силлами (С) и коровыми магматическими очагами (М), которые питают вулканы центрального типа.

Геофизические исследования показывают, что верхняя мантия под Исландией частично расплавлена до глубины, по меньшей мере, нескольких сотен километров. Под осевой рифтовой зоной эта частично расплавленная мантия распределяется на глубину 8 – 12 км, но эта глубина постепенно возрастает до 20–30 км на окраине этой зоны. Расплав в мантии мигрирует вверх в результате всплывания, но временно останавливается у подошвы полупроницаемой коры. В стороне от рифтовой зоны магма обычно не способна к проникновению в кору. Согласно модели, примитивный расплав накапливается, изменяет свой состав в результате плавления земной коры и фракционной кристаллизации, и постепенно стано-

вится базальтовой магмой (оливиновым толеитом или толеитом) или частично более зрелой магмой. Неглубоко залегающие магматические очаги на раннем этапе вулканической системы отсутствуют. Дайки внедряются непосредственно из мантийного резервуара.

Во время рифтообразующих событий в Исландии, опускавшиеся коровые блоки, были обычно значительно длиннее их мощности. Так, например, длина вулканической системы измеряется обычно 40 – 100 км, тогда как мощность коры равна 8 – 12 км. Обычно обрушение может начаться в одном или нескольких местах, где в кровле резервуара наблюдается концентрация сильных растягивающих напряжений. Из этих мест в блоке коры над резервуаром обрушения распространяются горизонтально и вертикально, в результате чего происходит открытие путей для движения вертикального потока магмы в блок земной коры. Горизонтальное обрушение часто сопровождается роями землетрясений, которые происходили в 1975 – 84 гг. в вулканической системе Крафла. (рис. 1.10.18) *(Gudmundsson, 1995)*. Внедрение даек в блок кровли резервуара увеличивает концентрацию напряжений растяжения в соседних блоках. В результате обрушения инъекция дайки может постепенно распространяться вдоль всего блока земной коры, расположенного над резервуаром.

Рис. 1.10.18. Предлагаемая модель размещения региональных даек в Исландии. (Gudmundsson, 1995)

Эта схематическая иллюстрация применима к частному событию образования рифта и предполагается, что дайка является саморазвивающейся структурой. Форма дайки в этом вертикальном разрезе в виде функции времени указывается числами 1.2, 3, 5 и 6. 4 – относится к инъекции наклонного силла из магматического очага (мр), который спровоцирован дайкой, встретившейся с очагом во время стадии 3. Главное направление потока магмы показывается чёрными стрелками; магматический поток первоначально вертикальный, тогда как дайка в коре распространяется по существу латерально на любом уровне. Дайка и силл подпитывают лавовые потоки на поверхности. Здесь показана только часть вулканической системы. В последующих событиях (повторный поток магмы) коровый блок слева от дайки (и очага) может также обрушиться, приводя к вертикальному движению магмы (дайковая инъекция) в эту часть коры. Региональная дайка часто прерывается в латеральном разрезе и может также распространяться в коре, не встречаясь с коровым очагом.

Латеральное распространение обрушения и дайковых структур способствует вертикальному течению магмы в зону обрушения, магматический фронт должен быть в близи фронта обрушения в любой момент. Это может быть объяснено тесной взаимосвязью движения магмы и сейсмичности во время рифтообразующих событий в Исландии.

Г. Макдональд *(1975)* показал, что дайки и силлы обычны в вулканических конусах. Они также обычны в других структурах, как в складчатых породах орогенных регионов, так и в относительно плоско лежащих породах неорогенных регионов. Обычно один эруптивный трубчатый канал обеспечивает многие извержения. Большая часть рещинных каналов действуют только однажды. Иногда трещины могут открываться вновь. Дайки имеют тенденцию пересекать слои примерно под прямыми углами. Они, обычно, состоят из многих коротких почти прямых сегментов, разделённых резкими изгибами. Регионы с большим количеством даек на щитовых вулканах гавайского типа известны, как дайковые комплексы.

Точный механизм открытия дайковых трещин, как правило, неясен. Для большей части имеется мало данных, что трещины были расклинены в результате давления внедряющейся магмы. Многие дайки пересекают слои грубой тефры и раздробленные части лавы текли без заметных смещений расположенных рядом обломков. Имеется мало свидетельств энергичного механического воздействия магмы на вмещающую породу. Как правило, представляется, что породы рассекались трещинами под восходящим напором магмы, но она поднималась в них более или менее пассивно.

В итоге мы отмечаем, что магматический базальтовый расплав, генерируемый в верхней мантии, как в континентальных, океанических областях, так и в зонах перехода от континента к океану, транспортируется через земную кору в плоских, маломощных, протяжённых структурах за счёт внутренней энергии этих расплавов. Мы отмечаем ряд характерных особенностей этих магматических интрузий:

1. – такие плоские магматические каналы обладают большой поверхностью и малым объёмом магматического расплава.

2. – миграция базальтового расплава сопровождается большими тепловыми потерями.

3. – плоские магмоводы (дайки) характеризуются выдержанностью их мощности, дайки характеризуются особой независимостью от геологического строения участка, на котором произошло внедрение. Они пронизывают породы практически без каких-либо видимых отклонений от прямолинейных направлений при пересечении со структурами иного рода.

4. – судя по малому объему магматического материала, заключенного в объеме дайки, и большой поверхности теплоотдачи, предполагаются большие удельные тепловые потери, которые увеличиваются многократно по мере удаления от источника генерации тепла. Это должно приводить к неустойчивому тепловому равновесию с окружающими породами в период внедрения дайки.

5. – запасы тепла, заключенного в магматическом расплаве, который заполнил трещину, недостаточны для его энергичного внедрения и необходима мобилизация тепла из более мощного источника, который порождает базальтовые дайки.

Итак, в прошлом дайки служили дренами для транспортировки вещества и тепла в условиях нарушенного энергетического равновесия в земной коре. В связи с этим по дренам устремляется к поверхности Земли поток вещества и тепла большой силы. Магматический процесс в основном – тепловой процесс. В связи с этим движение магматического расплава подчиняется второму началу термодинамики, который гласит, что скорость конвективного теплового потока, как основного способа теплопередачи, здесь определяется величиной перепада температур в начале и в конце процесса. Плоская маломощная дрена является идеальной геологической структурой для транспортировки больших масс расплава и тепловой энергии, так как при малом объеме расплава и большой поверхности теплоотдачи создаются условия мощного температурного напора на концах этой структуры. Учитывая, что магматический расплав является многокомпонентной системой, состоящей из элементов, резко отличающихся друг от друга по термодинамическим свойствам, нам представляется, что существенная доля тепловой энергии переносится мобильными элементами. Легкоподвижные элементы будут концентрироваться в головной части прорывающегося расплава. В таких условиях возможна мобилизация значительных количеств легкоподвижных компонентов по всей длине магматической дрены с больших глубин и из питающего резервуара и соответственно концентрация тепловой энергии на единицу площади в головной части внедряющейся дайки. Рядом сследователей отмечается высокая концентрация калия в верхних частях даек. Однако процессы кристаллизационной дифференциации в столь маломощных и короткоживущих магматических телах, какими являются дайки, как нам кажется, не смогли бы привести к столь высоким концентрациям калия. Повышенные концентрации легкопо-

движного калия могут быть обеспечены термодинамическими особенностями дайки. Подтверждением мобильности этого элемента могут служить возгоны, образующиеся на лавовых потоках около фумарол, в составе которых присутствует калий *(Набоко, 1959)*.

Перенос больших количеств тепла к головной части магматических дрен создает высокотемпературные условия перед их фронтальными частями, вызывая расплавление пород на этом узком участке. Как нам представляется, только таким образом возможно объяснить то, что дайки пронизывают различные структуры и не нарушают их залегания. Этим же процессом, на наш взгляд, проще объяснить выдержанность на большие расстояния крайне малых мощностей даек.

Таким образом, мы считаем, что дайки являются элементарными структурами, которые выполняют роль дрен магматических расплавов и концентрированных количеств тепловой энергии в условиях земной коры.

Соотношение расплава и гидротерм. Трансмагматическая природа растворов

Магмы (базальтовые, в том числе) состоят из двух компонентов – силикатного расплава и летучей фазы. Силикатный расплав химически инертен, но привнос кислорода вызываетв базальтах экзотермическую окислительную реакцию. Для понимания соотношения расплава и летучей фазы важно учесть наблюдения, сделанные в ходе крупных базальтовых извержений. Очень важное наблюдение было сделано Г. Макдональдом *(1975)*. При побочном прорыве на Килауэа сначала появились газы, потом образовался фонтанирующий конус, и только потом потекла лава. Аналогичная последовательность наблюдалась и на так называемых третьем и четвертом прорыве в ходе Большого Толбачинского извержения *(Федотов, ред., 1984)*. Эти наблюдения скорее всего свидетельствуют о трансмагматической природе потока летучих, предполагавшейся Д. С. Коржинским *(1974)*. В соответствии с современными геофизическими данными подавляющая часть имеющих глубинное происхождение летучих поступает с внешней границы ядра Земли *(Ларин, 2005)*.

На наш взгляд уникальны наблюдения за извержением второго, третьего и четвёртого конусов и лавовых котлов 17–25 августа 1975 г. и есть основание привести их подробное описание. «Поздно вечером 16 августа на поверхности шлаковой равнины, севернее второго конуса, на продолжении линии новых конусов было замечено появление первой новой трещины. Образование ее сопровождалось глухими подземными ударами, которые возникали, вероятно, в результате раскалывания монолитных лав под плащом рыхлой пирокластики. Это было началом образования системы трещин. Через 9 часов наблюдались уже 4 трещины субмеридионального направления (простирание 340°). Ширина самой большой из них к тому времени составляла 50 см в пирокластике и 15 см в подстилающих лавах. Возле трещин ощущался запах сероводорода, из них выделялся пар; возле некоторых из них появились налеты желтых холодных жидких возгонов. В течение дня были ясно слышны глухие подземные удары. Трещины расширялись со скоростью нескольких см/час, их количество также увеличивалось, и к вечеру десятками трещин была охвачена область примерно 1.2 км в меридиональном направлении и несколько сотен метров в широтном. Длина их достигала 0.7–1.2 км, а ширина – до 1.5 м на поверхности пирокластики и десятки сантиметров в скальных породах.

В 21 ч 12 мин 17 августа в восточном краю поля трещин лава вновь прорвалась на поверхность, и извержение вступило в новую стадию – стал расти Третий конус.

Образование Третьего конуса происходило в общих чертах аналогично образованию Второго конуса, но деятельность его с первых минут была более напряженной. Сначала над восточным краем трещинного поля, 750–800 м севернее Второго конуса, показался синий

газ, за которым почти сразу же последовали выбросы пара, затем выбросы желто-серого пепла, и еще через минуту появились фонтаны раскаленной пирокластики. Через 3–5 мин на протяжении 250 м трещины из 8 – 16 мигрирующих жерл выбрасывались непрерывные фонтаны (рис. 1.10.20). Огненная «завеса» в первые полтора часа извержения поднималась на 500 м, бомбы взлетали на высоту выше 1 км. Примерно через 3 ч высота фонтанов снизилась в 1.5–2 раза, а еще через час снова стала прежней. Температура раскаленных фонтанов, измеренная ОППИР-17, составляла 1000–1050 °С. Как и на предыдущих прорывах, вулканическая деятельность быстро локализовалась в центре трещины; уже к 22 ч среди многих жерл выделились два наиболее мощных (рис. 1.10.21).

Рис. 1.10.19. Начало деятельности Третьего конуса. Снимок А. А. Разиной (Федотов, ред., 1984). а – 17 августа 22 ч, фонтанирование лавы по всей трещине. Киносъемка С. В. Верченко; б – 18 августа, 22 ч, фонтанирование северного и южного кратеров Третьего конуса.

Этот прорыв был предсказан вечером 16 августа *(Федотов, ред., 1984)*. В течение дня были ясно слышны глухие подземные удары. Трещины расширялись со скоростью нескольких см/час, их количество также увеличивалось, и к вечеру десятками трещин была охвачена область примерно 1.2 км в меридиональном направлении и несколько сотен метров в широтном. Длина их достигала 0.7–1.2 км, а ширина – до 1.5 м на поверхности пирокластики и десятки сантиметров в скальных породах.

В 8 ч. 50 мин. 23 августа над главной из трещин, примерно в 1 км западнее Четвертого конуса, было замечено выделение белого газа (пара?), сменившегося синим. Затем на поверхности образовались четыре лавовых котла, в которых булькала лава и вздувались пузыри размером до 3 м. Через 10–15 с пузыри лопались и на 20–50 м вверх выбрасывались лепешки пластичной лавы. Во время пульсаций лавы в котлах окружающая поверхность также пульсировала и дрожала. Вторая группа, состоящая из пяти котлов, образовалась метрах в 300 выше по трещине, а вскоре между ними возникла и третья группа. Вся трещина на протяжении 500 м была окаймлена по краям лавовыми выплесками, края трещины постоянно пульсировали в высоту и в стороны. В разных участках трещины со свистом прорывались лавовые фонтанчики или струи белого и синего газов. В результате выплесков лавы сформировались конусы разбрызгивания с высотой стенок 1–1.5 м. К юго-западу от нижней и верхней группы котлов спустился лавовый язык мощностью 3–4 м, имевший скорость 10–15 м/ч при уклоне местности 3–5°. Зона трещин к этому времени имела длину 1.5 км и ширину 0.7 км»

Рис. 1.10.20. Трещина, появившаяся 16 августа. 1975 года на Большом трещинном Толбачинском извержении (по Федотов, ред., 1984).

Этот поток газов виден даже на черно-белом снимке четвертого прорыва. Описание его следует ниже. Развитие четвертого прорыва повторяло в миниатюре все предыдущие. Сначала вдоль одной из трещин вырвались пар и синий газ. Через 10–15 секунд на высоту 3–4 м забило несколько фонтанчиков лавы. Поверхность почвы между ними постоянно пульсировала. Спустя 10 мин фонтаны лавы из 7 жерл стали бить на высоту 20–50 м. Вскоре их число сократилось до трех, и вокруг центрального фонтана начал формироваться Четвертый конус (рис. 1.10.23). Деятельность его была слабой, максимальная высота выбросов не превышала 100 м, пепла почти не было.

Рис. 1.10.21. 22 августа 1975 г., около 20 ч. Три жерла, действующие на трещине юго-западнее Третьего конуса (по Федотов, ред. 1984)

Теоретические основы процессов горения в применении к магматическим системам

Рис. 1.10.22. Схематическая диаграмма, показывающая формирование магматической воды в вулканических и геотермальных системах вдоль конвергентных плитовых границ.

Изотопный состав показан в ‰ SMOW *(по Giggenbach, 1997)*.

На рисунке 1.10.12, показаны относительные концентрации N_2, He, и Ar, они нанесены на графике для отдельных термальных проявлений большого спектра геотермальных и вулканических систем, перечисленных в таблице 1.15.1. Для всех систем показаны отношения 3He/4He в воздухе R/RA, равен или может быть больше 4RA, что свидетельствует о преимущественно мантийном происхождении He.

По аналогии с рисунком, содержания He, как дано в таблице, используются в рисунке для измерения возможного обогащения CO_2 и H_2O в мантийных газах.

Рис. 1.10.23. Относительные содержания H_2O, CO_2, и He вулканических газов, связанных с базальтовым (квадраты) и андезитовым (шестиугольники) магматизмом (по Giggenbach, 1997).

Кроме того, точки, представляющие два анализа газов, по-видимому, мантийные по происхождению (SN) и (PR), занимают очень похожие позиции, соответствующие отношениям CO_2/He примерно 30 000 и отношению H_2O/He 26 000, при очень малом отношении H_2O/CO_2, близком к единице. Эти отношения, возможно, сопоставимы с отношениями в высокотемпературных вулканических газах вулканов вдоль конвергентных плитовых границ. Большая часть их расположена на графике вблизи угла H2O на рисунке1.15.3 с отношениями CO_2/He, H_2O/He, и H_2O/CO_2 150000, 2700000 и 18, соответственно. В более ранних работах *(Giggenbach, 1995a, c)* предполагалось, что отношение крайнего члена CO2/He магматических летучих компонентов составляют 500 000, или в 17 раз больше мантийных отношений; отношение H_2O/He в 100 раз больше, предполагающее значительный привнос CO_2 и H_2O из других источников, кроме мантийных.

Одновременно Гиггенбах делает вывод о том, что выделение больших количеств летучих компонентов, связанных с магматизмом конвергентных плитовых границ, таких как N_2, и особенно воды, свидетельствует о их морском происхождении, в результате процессов субдукции, что очевидно противоречит предположению *(Craig, 1963)* о том, что участие в гидротермальной разгрузке летучих компонентов магматического происхождения должно быть очень незначительным. Этот кажущийся конфликт частично разрешается, если принять во внимание, что используемые в этой работе изотопные данные получены, в основном, из иных не систем островодужного типа или «андезитовых» систем и что геотермальные воды содержат, в реальности, большие доли местной подземной воды, в значительной степени маскируя магматические признаки. По мере увеличения содержаний, таких газов, как N_2, так и H_2O в высокотемпературных «андезитовых» летучих компонентах, по-видимому, обусловленных субдуцированием осадков, очевидно, осторожнее допустить, что почти пятикратное увеличение отношений CO_2/He при переходе мантийных летучих компонентов в летучие компоненты дугового типа обусловлено привносом углерода, также из субдуцированных морских осадков *(Marty et al., 1989; Peacock, 1990)*.

Большая часть информации, недавно полученная о летучих компонентах в островодужных системах, базируется на анализах газов, выделяемых высокотемпературными фумаролами на андезитовых вулканах (табл. 1.10.1). Для мантии информация о составе летучих компонентов, в основном, получена в результате исследований газов, извлекаемых из пород, извергавшихся в субаэральных условиях или на дне океанов. Даже в последнем случае породы, по-видимому, должны были терять большую часть первичных летучих компонентов, в особенности тех, которые обладают меньшей растворимостью, в результате образования пузырьков, которые начинаются уже на значительных глубинах *(Bottinga and Javoy, 1990)*.

Следовательно, предполагается, что состав летучих компонентов, при извержениях в субаэральных условиях или даже в подводных лавах, и доступный для экстракции и анализа, может быть сильно изменен вторичными процессами перераспределения между летучими компонентами и расплавом *(Taylor, 1986)*. Более надёжный состав мантийных и дуговых летучих компонентов, очевидно, получается в результате сопоставления их в разных условиях их выделения. В настоящее время достаточно надёжная и полная информация о летучих компонентах, выделяемых мантийными магмами, очень ограничена. В таблице приведены три анализа. Два из них – из очень сильных высокотемпературных фумарол в кратере Халемаумау на вулкане Килауэа (KL) и на вулкане Сьерра Негра (SN) на Галапагосских островах и третий анализ летучих компонентов из «Поппин Рокс» (PR), извергнутых на глубине 3.800 м Срединно-Атлантического хребта. Предполагается, что они представляют состав летучих компонентов, близкий к оригинальным состава их в мантии *(Javoy and Pineau, 1991)*.

Как эти газы Срединно-Атлантического хребта (PR), так и из двух «горячих точек» (PR, SN), располагаются на графике вблизи друг друга, позволяя предполагать, что относительные содержания газов N_2, He, и Ar, выделяемых из расплавов верхней и нижней мантии, являются почти похожими. Их отношения N_2/He и N_2/Ar значительно меньше отношений в пробах, отобранных из систем, расположенных на границах конвергентных плит. Большая часть точек термальных проявлений систем, связанных с известково-щелочным магматизмом, расположенным по периферии Тихого океана, располагается в районе высоких отношений N2/He и N2/Ar, значительно превышающие таковые для воздуха.

Таблица 1.10.3

Описания происхождения составляющих частей гидротерм послужили основой для рассмотрения некоторых важных вопросов рудообразования.

Гидротермальная активность и рудообразование в ходе тектонической эволюции

Известно, что в процессе гидротермальной активности в срединно-океанических хребтах формируются месторождения массивных сульфидов, в островных дугах минерализация типа Куроко, а в континентальных областях месторождения типа «медных порфиров». В то же время тепловая разгрузка наземных и подводных гидротермальных систем сопоставима по размерам. Предполагается, что площади их водосбора сопоставимы *(Belousov et al., 2008)*. Особенно значительными в интерпретации этого материала, как мне представляется, в интересующем нас аспекте, являются идеи о самоизоляции гидротермальных систем *(Belousov et al., 2012)*.

Исследование срединно-океанических хребтов с помощью спускаемых погружающихся аппаратов привело к обнаружению так называемых черных и белых дымов, находке, которую Н. В. Короновский *(1999)* характеризует как одно из крупнейших открытий XX века.

Металлоносные осадки, отлагаемые «черными дымами», представляют собой пелагические илы. рудные минералы представлены частицами сульфидов меди, цинка и свинца размером 3 мкм.

Дымы по окраске делятся на черные, несущие частицы пирротина и аморфного кремнезема, и белые, в которых взвешенные частицы состоят из аморфного кремнезема и ангидрида. Черные дымы характеризуются существенно большим дебитом (несколько кг/с) и высокой температурой (до 350 °С). Белые харакетеризуются вялой разгрузкой и температурой, не превышающей 330 °С. Первопричиной окраски дымов является разный характер разгрузки гидротерм.

Н. В. Короновский отмечает, что в медноколчеданных месторождениях Урала (Сибаевское), и на Кипре и Ньюфаундленде обнаружены окаменелые остатки вестименифер и камитаген, таких же, как в осадках черных дымов. По изотопному составу водорода и кислорода было доказано, что единственным их источником является океанская вода. Но химический состав воды черных дымов существенно отличается от состава океанской воды вледствие взимодействия циркулирующих в трещинах вод с породами стенок трещин.

На площади водосбора подводно-морской гидротермальной системы, связанной со срединно-океаническими хребтами, которая распространяется на возвышенности, окружающие осевую рифтовую долину, реализуется нисходящая инфильтрация морской воды. По мере повышения температуры устанавливается прогрессирующее химическое растворение минералов базальтов. В этом растворе также происходит взаимодействие с минеральными компонентами морской воды. Поскольку концентрации кремнезема быстро достигают равновесных значений, то при его взаимодействии с элементами морской минерализации образуется пропилитовая формация. В раствор переходят кремнезем и сера *(Bogie et al., 2005)*. Повышение температуры уменьшает вязкость терм, что обусловливает их гидродинамическую локализацию. В результате этого процесса и повышения коэффициента фильтрации водовмещающих толщ формируется артезианская гидравлическая система, в которой вода под напором (вынужденная конвекция) движется в направлении рифтовых долин. В местах, где уровень гидравлического напора гидротермальных потоков располагается над морским дном, образуются очаги сосредоточенной разгрузки подводных гидротермальных высокотемпературных вод.

Предполагается, что высокая минерализация термальных вод может быть обусловлена функционированием коллоидной системы типа описанной выше. По мере повышения температуры морская вода постепенно насыщается растворенным мономерным кремнеземом и катионами металлов. Повышение концентрации кремнезема происходит как по мере увеличения температуры термальных вод, так и в связи с абсорбцией катионов и коагуляцией силикагеля *(Rychagov et al., in print)*.

Наблюдаются четкие различия в химизме. В частности, в термах, связанных с океанскими черными дымами отсутствует магний *(Короновский, 1999)*, а в гидротермах наземных систем главной чертой химизма является присутствие растворенного кремнезема. Снижение давления и температуры в ходе восходящей фильтрации в очагах разгрузки гидротерм приводит к образованию водного раствора пересыщенного относительно растворимости аморфного кремнезема, концентрация которого достигает 1500 мг/кг. Иссследования высокотемпературной гидротермальной системы в очаге разгрузки Мутновского вулкана на Камчатке показали, что при фильтрации пересыщенного раствора в породах происходит осаждение коллоидного кремнезема, сорбция кремнеземом и осаждение других химических компонентов. Осажденное аморфное вещество метастабильно. При повышенных температурах и давлениях метаколлоиды кристаллизуются, что приводит к образованию гидротермальных минералов, в том числе рудных *(Потапов, 2002)*. Эксперименты по осаждению кремнезема с добавлением морской воды и вводом катионов Ca_2+ и Mg_2+ показали, что морская вода может действовать как самостоятельный окислитель *(Потапов, 2002)*. Известно, что коллоидные отложения кремнезема и сульфидов характерны для термальных проявлений типа черных дымов *(Некрасов, 1973, Чухров, 1955)*. Совместное нахождение аморфного кремнезема, халцедона и сульфидов в минеральных комплексах, связанных с «черными дымами», свидетельствует о тесном взаимодействии коллоидных систем при коагуляции *(Belousov et al., 2008)*.

Особенно значительными в интерпретации, как нам представляется, в интересующем нас аспекте, являются идеи о самоизоляции гидротермальных систем *(Belousov et al 2012)*.

На стадии срединно-океанических хребтов происходит формирование долгоживущих магматических очагов *(Klugel, Klein, 2006)*. Гидротермальные системы на этом этапе тектонического развития прямо связаны с магматическими телами рифтовой долины. Тот же этап эволюции гидротермально-конвективных систем из магматических систем выделяется на основании изменения термодинамических условий в подводно-морских условиях. На стадии островных дуг верхняя часть гидротермально-магматических конвективных систем располагается на границе взаимодействия атмосферы, гидро и литосферы. Гидрохимическая стуктура гидротермально-магматических систем этого типа характеризуется наличием горизонтов бикарбонатных и сульфатно-кислых высокотемпературных вод поверхностного формирования *(Giggenbach 1997)*. На стадии геотектонических систем типа Камчатки долгоживущие гидротермально-магматические системы локализуются в пределах кольцевых структур, кровля которых раполагается на глубине 5–7 км *(Белоусов и др., 1983)*. Здесь образуются гидротермальные системы типа артезианских бассейнов или артезианских склонов, широко известных в областях четвертичного вулканизма (Восточная и Южная Камчатка, зона Таупо на Северном Острове Новой Зеландии и др.). Большая часть поступающей глубинной тепловой энергии рассеивается в водовмещающих комплексах и идет на поддержание циркуляции гидротерм в нагретых породах. Этот тип гидротермально-магматических систем характеризуется разобщением верхней гидротермальной конвективной и нижней, магматической ячеек. Эволюция тектонических систем и соответствующая ей эволюция гидротермальных систем отражена на рисунках 58–60.

Проблемы рудообразования связаны с большим и сложным комплексом противоречивых проблем, включающим происхождение современных горячих вод, долю в их формировании глубинных флюидов и поверхностных вод, происхождение серы и рудных компонентов, закономерности структурной локализации оруденения.

Детальный анализ данных о петрологии кислого вулканизма показал, что они отражают протекающие сегодня процессы глубинного метаморфизма и формирования гранитного слоя коры. Признание метаморфогенного генезиса современных терм снимает многочисленные противоречия в соотношении метеорных и вадозовых вод в современных гидротермах. Длительно протекающий процесс метаморфизма и образования гранитного слоя делает понятным также сложный состав серы сульфидных минералов и металлов гидротермальной минерализации. Достаточно сослаться, например, на детальный обзор исследований в этой области, данный Хеденквистом и Ричардсом *(Hedenquist and Richards, 1998)*, показывающий всю сложность проблемы.

Формирование гидротермальной минерализации теснейшим образом связано с закономерностями структурной ее локализации, создающими условия для осаждения рудных минералов из гидротерм. На примере кальдеры Узон видно, что минерализация локализуется вдоль рассекающей кальдеру широтной системы разломов типа глубинных сбросо-сдвигов.

Динамику химического состава гидротерм и место в этом процессе рудообразования показывает анализ Узон-Гейзерной вулканотектонической депрессии *(Эрлих, 2009)*.

Как было показано ранее, тип дегазирующей магмы является главным фактором, определяющим тип гидротермальной системы связанной с рудным месторождением *(Giggenbach, 1992c)*. Предполагалось, что дегазация самоизолирующихся плутонических магматических тел поднимается до места так называемых низкосульфидных (лоу-сульфидейшн) рудных месторождений от почти нейтральных, восстановленных растворов, содержащих серу в самом низком состоянии окисления в виде H_2S *(Hedenquist, 1987; White and Hedenquist, 1990)*.

Рудным месторождениям высокосульфидного типа (хай сульфидейшн) приписывается взаимодействие породы с кислыми окисляющими растворами, образовавшимися в резуль-

тате поглощения газов, выделенных непосредственно из открытых дегазирующих вулканических магматических тел на меньшей глубине или на эпитермальных горизонтах *(White and Hedenquist, 1990)*. Здесь сейчас существует обширный объём информации о современных процессах формирования рудных месторождениях, связанных с магмо-гидротермальными системами. Некоторые недавние обзоры и обобщения приводятся *(Eugster. 1985, Hayba et al., 1986, Hedenquist, 1992), (Elston and Plumlee, 1994, Hedenquist and Lowenstern, 1994, и Thompson, 1995)*. В настоящем контексте делаются ограниченные попытки применить выше приведенные открытия по распределению гидротермальных минералов, в виде двух главных типов дегазации, как из вулканических магматических, так и из плутонических магматических тел.

Согласно Пираджно *(Piradjno, 2009)* донно-морское рудообразование включает смешанные залежи, разных типов месторождений, такие как огромный Иберийский пиритовый пояс, который с запасами около 1765 млн. тонн является самым большим скоплением донно-морских массивных сульфидов на нашей планете; кампусы Норанда и Батарст в Канаде, ирландские месторождения, размещённые в карбонатах, японские месторождения типа Куроко, Тасманские массивные сульфиды вулканического пояса горы Рид и, наконец, массивные сульфиды комплекса Трудос на Кипре.

Донно-морские гидротермальные рудообразующие процессы могут быть подытожены следующим образом:

Проникновение холодной, плотной морской воды в горизонты 2 и 3 океанической коры.

Нагревание морской воды, взаимодействие с мафическими породами, метаморфизм от цеолитовой дозеленосланцевой фаций, при увеличении T и P.

Растворы выносят Mg+ и OH; реакции продуцирующие H +.

Высокие T (200–400 °C), выщелачивание и массо-перенос Li, K, Rb, Ca, Ba, перемещение металлов (Cu, Pb, Zn, Mn) и Si, из океанической коры; флюиды кислые и восстанавливающиеся; перенос Mg, SO_4, Na, Cl из морской воды – > гидротермы – > породы океанической коры.

Перенос металлов и серы в раствор в виде хлоридных комплексов; S извлекается при восстановлении SO_4 Na, Cl, из морской воды.

Приток фаз летучих компонентов из мантии: He, F, Hg, S, B, H_2, CH_4.

Подъём металлоносных первичных гидротермальных флюидов, по мере увеличения T и P; смешение с низкотемпературной (2 °C) щелочной, окисляющей морской водой; критическая температура для 350 °C флюидов при P 1500 бар (разделение фаз жидкость-газ).

Высокотемпературные (> 300 °C) проявления приводят к образованию дымоходов (чёрных дымов), сложенных, в основном, Cu сульфидами и сульфатами. Отдельные каналы (дымоходы) объединяются, образуя большие холмы. Низкотемпературные (< 200 °C) гидротермы отлагают (белые курильщики) Zn-сульфиды, наряду с Fe-сульфидами вокруг трубок животных (кольчатые черви *Vestimentifera)*. Биомассные сообщества грифонов были найдены в ископаемых формах на ряде вулканогенных месторождений массивных сульфидов (Little, 2002). Циркуляция гидротерм в трещинно-жильных системах приводит к отложению сульфидных жил и интенсивным изменениям вмещающих пород. Эта деятельность, в конце концов, уменьшается обычно в результате заполнения трещин и порового пространства. Таким образом, сформированные гидротермальные постройки будут сложены (от центра канала к стенкам): Cu-сульфидами, сульфидами Zn и Fe, колломорфными сульфидами, сульфатами (барит, ангидрит, обычно вместе с Au). Миграция вследствие спрединга морского дна будет разрушать гидротермальные постройки и начнётся новый цикл гидротермальной разгрузки. Это может привести в течение нескольких сотен или тысяч лет к образованию

большой залежи массивных сульфидов. Рис. 1.10.26 показывает особенности и компоненты подводно-морской системы гидротермальных каналов.

Рис. 1.10.24. Схематическое представление. (A) сульфидный холм и (B) разрез чёрного курильщика. Первые отложения ангидрита, образующие главный край, после появления более высокотемпературных гидротерм сменяются сульфидами, отложенными из них.

Вопросы формирования даек

В качестве наиболее распространенного типа подводящего канала выступают системы даек. Такиие системы хорошо описаны в Исландии *(Gudmundsson, 1995)*. Они способны производить сбор тепла с больших площадей и глубин за счет мощного теплоносителя, каким являются газы. Г. Макдональд *(1975)* считает, что магма сама по себе играет при прорыве пассивную роль. Естественно, прожигание связано не с воздействием силикатного расплава, а с восходящим потоком трансмагматических газов. Его действие подобно действию горелки и этот механизм в общем случае создает цилиндрические (а не линейные) подводящие каналы.

Перенос больших количеств тепла к головной части магматических дрен создает высокотемпературные условия перед их фронтальными частями, вызывая расплавление пород на этом узком участке. Этим процессом, на наш взгляд, проще объяснить выдержанностью на большие расстояния даек крайне малых мощностей. Это скорее всего свидетельствует о том, что дайки заполняют открытые трещины, созданные в процессе тектонического растяжения. В пользу этого предположения свидетельствует постоянная связь даек с роями тектонических разломов и трещин.

Голоценовые рои трещин в Исландии обычно имеют ширину 5 – 10 км и длину 40–80 км, некоторые из них достигают ширины 20 км и длины 100 км и содержат сотни тектонических разрывов. Эти рои представлены базальтовыми лавовыми потоками, возраст которых меньше 10 000 лет (в большинстве мощные потоки лав типа пахое-хое), которые встречаются вблизи оси активной рифтовой зоны. Рой состоит из разломов растяжения (~102 м длины), нормальных разломов (~103 м длины) и вулканических трещин ~1000 м длины. В каждом частном случае количество трещин растяжения в рое превышает количество нормальных разломов или вулканических трещин. Частота (плотность) распределения трендов структур в отдельном рое трещин может аппроксимироваться нормальной кривой. Большинство современных рифтообразующих событий в Исландии происходило в трещинном рое Крафла с 1975 по 1984 годы. На Гавайях дайки ассоциируются с рифтовыми зонами, пересекающими щитовые вулканы (рис. 1.10.28).

Перенос больших количеств тепла к головной части магматических дрен создает высокотемпературные условия перед их фронтальными частями, вызывая расплавление пород на этом узком участке. Только таким образом возможно объяснить то, что дайки пронизывают различные структуры, не нарушая их залегания. Этим же процессом, на наш взгляд, проще объяснить выдержанность на большие расстояния даек крайне малых мощностей.

Гигантские щиты, которые составляют многие срединно-океанические плитовые вулканические острова, могут иметь геотермальные ресурсы. На Гавайях щитовые вулканы питаются от центрального канала, расположенного под вершинной кальдерой и от активных рифтов на склонах (см. пример исследования вулкана Килауэа, представленный в этой главе). Щитовые вулканы сложены тысячами лавовых потоков (от морского дна до вершины), которые питались латеральными потоками из вершинной кальдеры по дайкам вдоль склоновых рифтовых зон. Магма, извергавшаяся из рифтовых эруптивных каналов, двигалась вверх из мантии по прямой, а горизонтально вдоль рифтов из резервуаров, расположенных под вершинными кальдерами. Эти лавовые потоки маломощные, если только они не накапливались в кальдере, в кратере или в долине реки. Когда подземные воды, стекающие в сторону моря, перегораживались роями даек внутри активных рифтов, эти «подвешенные» водоносные горизонты могут питать гидротермы, необходимые для гидротермальных систем. Слоистые толщи пирокластики, палеопочв, зон, сцементированных вторичными минералами, и рои рифтовых даек, которые образуют полупроницаемые водоупоры, ограничивающие водоносные комплексы в склоновых толщах щитовых вулканов *(Stearns, MacDonald, 1946)* (см рис. 1.10.25).

Рис. 1.10.25. Главные структурные элементы роя трещин Крафла. (Gudmundsson, 1995). 1-структуры растяжения, 2-нормальные разломы, 3-кальдерные разломы, 4-лавовые потоки Фонтанов Миванти 1724–1729 и фонтанов Крафла 1975–1984. Отмечены районы Гьястикки (G), Хрутафьёлл (H), озёра Ейлифсватн (E) и Миватн (M).

Эти магматические тела, расположенные в верхних 7 км земной коры, ответственны за тепло, которое образует геотермальные системы на Килауэа. М. П. Райан *(Ryan, 1987b)* определил причины притока большей части магм на малые глубины в земной коре в своем превосходном исследовании районов нейтральной плавучести. Он интегрировал сейсмические и деформационные данные с измерениями физических свойств пород имагм под давлением об изменениях плотности пород земной коры по мере погружения вглубь Земли. Глубже 9 км все макротрещины, микротрещины, поры и швы (стыки) исчезают в результате сжатия общей массы. Ниже семи километров магма транспортируется всплыванием в центральном канале и сила гидравлического дробления является высокой. В интервале 7–2 км

плотности *in-situ* раздробленных пород земной коры и магмы становятся одинаковыми, и магматические тела формируются в точке, где подъём за счёт плавучести более не возможен. Фактом, который подтверждает это, является возрастающая асейсмичность района, что свидетельствует о повышенном отношении флюид/порода. Центр нейтральной плавучести располагается на глубинах от 2.5 до 4.5 км, вынуждая предполагать соответствие между глубинами, на которых магма находится в механическом равновесии с окружающими породами и глубиной магматического резервуара субкальдеры Килауэа. С глубин от 0 до 2 км деформированная и раздробленная кора допускает образования пористой магмы, которая проходит по дайкам. По мере роста вулкана вершинный (субкальдерный) магматический резервуар и связанная с ним рифтовая система поднимаются и достигают механического равновесия внутри лавового щита *(Ryan, 1987a, b)*. Вся магматическая система поднимается как во времени, так и продолжает питаться магмой, но она сохраняется на тех же глубинах под поверхностью вулкана. Большая часть магмой миграции в рифтовые зоны от вершинного резервуара происходит на глубине 3 км – уровень нейтральной плавучести *(Ryan, 1987a, b)*. Магма движется быстро вдоль рифта до тех пор, пока давление гидротерм не упадет ниже давления сил напряжения вмещающих пород. Центр нейтральной плавучести располагается на глубинах от 2.5 до 4.5 км, полагая предполагать соответствие между глубинами, на которых магма находится в механическом равновесии с окружающими породами и глубиной магматического резервуара субкальдеры Килауэа. С глубин от 0 до 2 км деформированная и раздробленная кора допускает образование пористой магмы, которая проходит по дайкам. По мере роста вулкана вершинный (субкальдерный) магматический резервуар и связанная с ним рифтовая система поднимаются и достигают механического равновесия внутри лавового щита *(Ryan, 1987a, b)*. Вся магматическая система поднимается как во времени, так и продолжает питаться магмой, но она сохраняется на тех же глубинах под поверхностью вулкана. Эту важную идею необходимо иметь в виду, когда оцениваются источники тепла щитовых вулканов, аналогичных Килауэа и Мауна Лоа.

Автор отмечает три механизма формирования даек:

Медленное движение магмы, с постепенным ускорением фронта трещины. Вершина дайки поднимается к поверхности, а основание опускается с аналогичной скоростью.

Быстрое движение магмы, во время которого верхушка дайки поднимается быстро и, одновременно, основание опускается. Последующее уменьшение давления сужает дайку и ограничивает её зоной нейтральной плавучести.

Разница давлений в растущей дайке образует интрузию, оформленную подобно ножу, зазубренному с двух сторон. «Зазубрины» имеют амплитуды от 2 до 3 км, где восходящая дайка пересекает поверхность, трещины открываются и начинается рифтовое извержение.

Эти модели были разработаны по данным, собранным в течение последних 20 или 30 лет, когда активность вулкана Килауэа происходила, главным образом, вдоль рифтов. Локализация столбов (некков?) жидкой магмы создает условия для дренирования питающего магматического бассейна и, возможно, главное – для дифференциального подтока богатых кремнеземом летучих трансмагматических растворов. В этом, по-видимому, и заключается главная роль базальтов в процессах кислого вулканизма.

Рис. 1.10.26. (a) Карта острова Гавайи показывает основные рифтовые зоны пяти налегающих друг на друга щитовых вулканов. Изолинии превышений и глубин проведены через 500 метровые интервалы на суше и 1000 метровые интервалы на некотором расстоянии от берега. (b) Схематический разрез центральной и западной частей вулкана Мауна Лоа, основанный на моделях скоростей P-волн и плотности пород. (Hill, Zucca, 1987).

Рис. 1.10.27. Концентрация землетрясений и плотность in-situ по глубине под вулканом Килауэа. (a). Распределение землетрясений под вершиной Килауэа до глубины 20 км. Темная часть рисунка относится к объёму под всей кальдерой Килауэа и светлое поле относится к объёму кратера Халемаумау. Предполагается, что асейсмичный район от 2 до 7 км имеет высокое отношение магма: порода. (из Ryan, 1987a.). (b). Плотности in-situ оливинового толеитового базальта около его ликвидуса, вулканические щиты и верхняя часть

мантии под островом Гавайи. Переходная плотность глубокого района совпадает с субкальдерным районом накопления магмы под Килауэа.(из Ryan, 1987a.)

На Камчатке рои даек выражены линейными рядами шлаковых конусов и одноактовых лавовых базальтовых вулканов в районах широкого развития ареального базальтового вулканизма. Примером может служить приводимая карта Анаунского района ареального вулканизма в вулканической зоне Срединного хребта Камчатки (см рис. 1.10.28). В вулканической зоне Восточной Камчатки линейная зона шлаковых поясов, также по всей видимости отражающая систему даек, пересекает кальдеру Крашенинникова *(Эрлих, 1973)*.

Рис. 1.10.28. Структурная схема Анаунского района ареального вулканизма в вулканической зоне Срединного хребта Камчатки (из Эрлих, 1973). 1 – рыхлые четвертичные отложения; 2 – небольшие стратовулканы базальтового и андезитобазальтового состава; 3 – базальтовые щитовые вулканы исландского типа; 4 – шлаковые конусы; 5 – щитообразные вулканы Q1-Q2; 6 – поля развития вулкногенных порода неогена; 7 – сбросы; 8 – кальдера Уксичан.

Формирование открытых трещин растяжения наблюдалось в процессе Большого Толбачинского извержения. Извержение на побочном прорыве базальтовых магм у Толбачинских вулканов подтвердило наблюдения, описанные выше. В сборнике статей о Большом трещинном Толбачинском извержении приводятся описания явлений, которые нуждались в соответствующих объяснениях *(Федотов, 1984)*.

Описанные на Килауэа и на Большом трещинном толбачинском извержении явления, подкреплённые данными о механизме движения базальтовых расплавов в плоских каналах, обсуждавшихся в книге Макдональда *(1975)* и Гудмунссона *(Gudmunsson, 1995)*, приводят к идее о существовании в базальтовых высокотемпературных расплавах (~1200–1400 °С и выше) летучих компонентов, обладающих большой теплоёмкостью. Миграция этого энергоёмкого теплоносители в больших количествах обусловлена высоким температурным напором. Он поддерживается конвективной передачей тепла в магматической системе от источника генерации тепла по системе плоских структур. В них реализуется большая часть тепловых потерь всей магматической системы. Возникает предположение, что летучие компоненты в быстродвижущихся базальтовых расплавах по плоским магмопроводящим каналам в субповерхностных условиях находятся в состоянии низкотемпературной плазмы. У физиков-теоретиков эта гипотеза вызывает резкие возражения, так как в идеальном случае легко летучие компоненты, которые при температурах ниже 1000 °С находятся в газооб-

разном состоянии, могут быть в состоянии низкотемпературной плазмы при температурах 5000 °С, которые в магматических системах нереальны. В последние годы появились плазменные технологии, в которых используется пиролизный газ по составу аналогичный вулканическим газам. По этой технологии в реакционной камере осуществляется пиролизный процесс с образованием при температурах ~2000 °С водорода и окиси углерода, что обеспечивает повышенную калорийность до Qi = 2400 ккал/кг (10 0 МДж/кг). Плазмообразующий газ: азот, воздух, CO_2, водяной пар 1300 °С. Эти газы относятся к продуктам горения.

В качестве дополнительного механизма, обеспечивающего прорыв, может выступать электромагнитогидравлический удар, возникающий при мощных электрических разрядах *(Юткин, 1955)*. Электрические разряды возможно возникают в вдоль всей магматической системы вплоть до области генерации магмы. Соленоид с гальванометром, установленный Ф. Кутыевым близ высокотемпературных фумарол, показал, что стрелка гальванометра отклонялась, свидетельствуя о присутствии заряженных частиц в фумарольных летучих. Ионизация флюидов создает большое количество молний. Многие молнии одним концом касались кратера на Толбачике.

Рис. 1.10.29. Молнии в период Большого Толбачинского извержения (фото Гиппенрейтера В. Е, 2007 год).

В то же время определенно существуют электрические разряды, возникающие в результате трения частиц в пепловой туче. Примером этого, по всей видимости, может служить фото на рис. 1.10.30.

Рис. 1.10.30. Молнии в пепловой туче вулкана Карымский. (Фото В. В. Юдина, 2007 г.)

По представлениям С. П. Соловьева *(2006)* физическую модель процесса генерации электромагнитного излучения при взрыве зарядов взрывчатых веществ принципиально возможно создать на основе уравнений электромагнитной газодинамики с учетом излучения для общего случая вязкого теплопроводного газа. Однако, эта система уравнений слишком сложна для нахождения общего решения задачи, а создание общей физической модели, включающей весь комплекс явлений, приводящих к генерации электрического и магнитного поля, в настоящее время непреодолима. Приходится рассматривать лишь набор физических механизмов, которые могут привести к генерации электрического и магнитного поля, и на их основе делать оценки возможных электромагнитных эффектов. Исследователи часто переходят к поэтапному анализу процесса с использованием упрощающих предположений, и основные усилия направляются на выяснение того, какой из возможных механизмов является ведущим в конкретных условиях взрыва. Поэтому на сегодняшний день основным источником сведений об электромагнитных эффектах при взрыве заряда взрывчатых веществ являются данные экспериментальных исследований, эмпирические зависимости и модели, построенные на базе этих данных.

Процессы разделения электрических зарядов в пылегазовом облаке взрыва имеют общие черты с процессами, происходящими в пылевых бурях и в пепловых тучах при извержении вулканов. Лабораторные эксперименты по раздуванию частиц пепла и пыли, собранных во время пылевых бурь и извержений вулканов, показали, что частицы приобретают электрические заряды. При этом в одних случаях (исследуемые образцы имели различный гранолометрический и химических составы), объемный заряд облака частиц не изменялся в течение всего времени оседания частиц, а в других наблюдалось изменение знака заряда с течением времени. Исследование распределения электрических зарядов, распыляемых частиц, показывает, что частицы могут нести как положительные электрические заряды, так и отрицательные или быть нейтральными.

Теоретические основы процессов горения в применении к магматическим системам

Горением называется протекание химической реакции в условиях прогрессивного самоускорения, связанного с накоплением в системе тепла или катализирующих продуктов реакции *(Франк-Каменецкий, 1967)*. Основная особенность горения заключается в условиях, необходимых для быстрого протекания реакции, и они созданы ею самою. Эти условия заключаются либо в большой температуре, либо в высокой концентрации активных продуктов, катализирующих реакцию. Переносчиками реакционных цепей являются свободные атомы, радикалы, органические примеси и т. п. Если сама реакция создаёт условия для своего собственного быстрого протекания, то возникает обратная связь. При незначительном изменении внешних условий возможен переход от стационарного режима с малой скоростью реакции к режиму, когда её скорость нарастает со временем в геометрической прогрессии. К явлениям распространения горения относятся: нормальное распространение пламени горения в неравномерно движущемся газе, турбулентное горение и детонация. Нормальное горение – это распространение пламени при отсутствии газодинамических эффектов, связанных с градиентами давления, или с турбулентностью. Скорость распространения этого идеализированного процесса называется нормальной скоростью пламени. Она зависит от кинетики реакции и коэффициентов теплопроводности диффузии. Нормальная скорость пламени определяется кинетикой реакции на фронте пламени при максимальной температуре горения. В обычных условиях процесс горения сопряжён с движением газа. Если такое

движение и не создаётся искусственно, как, например, в доменном процессе, то оно возникает само вследствие термического расширения и увеличения объёма продуктов реакции горения. При сверхзвуковых скоростях движения газов, которые могут возникать во время эксплозивных извержений расплава, в нём возникают ударные волны (скачки уплотнения), т. е. поверхности, где резкое сжатие происходит на расстоянии порядка длины свободного пробега. Работа сжатия преобразуется в тепловую энергию, происходящий при этом разогрев может привести к воспламенению. Распространение горения посредством воспламенения ударной волной приводит к детонации.

В механизме такого распространения пламени теплопередача и диффузия не играют существенной роли. Различают гомогенное, гетерогенное и диффузионное горение. Гетерогенное горение происходит на поверхности раздела фаз. Одно из реагирующих веществ находится в конденсированной фазе (твёрдой или жидкой), другое (обычно кислород) доставляется диффузией из газовой фазы. Для того чтобы горение было гетерогенным, конденсированная фаза должна иметь очень высокую температуру кипения, так чтобы при температуре её горения испарением можно было пренебречь. Примером истинного гетерогенного горения является горение нелетучих металлов. При этом горении образуются тугоплавкие окислы. Как нам представляется, гетерогенное горение характерно для окислительно-восстановительных процессов, происходящих в доменной печи и в магматических колоннах.

Как отмечалось выше, непосредственное изучение окислительно-восстановительных процессов в магматических колоннах нереально. Поэтому некоторую важную информацию о них можно получить при изучении доменного производства *(Готлиб, 1966)*. Температурный режим функционирования сложнейших окислительно-восстановительных процессов, идущих со скоростью горения в доменной печи, поддерживается в интервале температур, свойственном температуре базальтового магматического расплава 1100–1300 °С.

Процессы, происходящие в магматической части гидротермально-магматической системы по многим параметрам сходны с процессами, определяющими пирометаллургию. Магматический расплав в близповерхностных условиях также выделяет H_2O, CO_2, H_2, CH_4 и кроме того – SO_2. Во многих анализах присутствуют N_2, HCl, HF. Всё это конечные продукты горения, которые отмечаются при извержении андезитовых и базальтовых вулканов. Рассматривая физико-химические и химико-кинетические процессы в пирометаллургии, можно объяснить некоторые явления, отмечаемые исследователями магматизма. Например, явления свечения базальтовых расплавов на вулкане Изу-Осима и на других вулканах можно интерпретировать как реакции горения газов на поверхности магматического расплава, которое обеспечивает дополнительный разогрев магмы. При этом температура газов достигает 1300–1400 °С, а по некоторым данным 1700 °С. Горение водорода и окиси углерода осуществляется при взаимодействии с кислородом воздуха, в результате чего образуется водяной пар. Необходимо лишь уточнить, что в базальтовом расплаве, температура которого более 1000 °С, молекула воды образуется в остывающей магме. Особенно интенсивно этот процесс происходит при выбросе ее, разбрызгивании и бурном истечении, когда поток магмы характеризуется высокой турбулентностью. Всё это сопровождается активным взаимодействием магматических газов с кислородом воздуха. Если предположить, что вода выделяется из магматического расплава в виде высокотемпературного пара (~1000 °С), энтальпия которого составляет ~1000 ккал/кг[9], то дегазация расплава должна вызывать резкое снижение температуры магмы в магмоводе и на поверхности, как это происходит в пароводяных скважинах *(Аверьев, 1965)*. Огромные теплопотери могут быть компенсированы

[9] Есть разные единицы измерений тепла: джоули, ватты, калории. Авторы предпочитают использовать калории, так как они характеризуют конкретно количество тепла, тогда как другие единицы отражают энергетику.

дополнительным теплом, как поступающим в виде новых порций магматического расплава, так и образующимся за счет протекания экзотермических окислительно-восстановительных реакций, ведущая роль которых в магматическом расплаве отмечалась В. Гиггенбахом *(Giggenbach, 1987)*.

Расчёт скорости обычной диффузии для водяного пара не может обеспечить реально измеренные скорости летучих компонентов, выделяемых магматическими расплавами *(Shinohara, Kazahaya, 1995)*. Экспериментами доказано, что скорость диффузии водорода в силикатном расплаве превышает скорость диффузии молекул воды в 1000 раз *(Персиков и др., 1986)*. Эти данные подтверждаются и на примере доменных процессов: время преодоления высоты домны от фурм до колосников восходящими потоками летучих составляет несколько секунд. Здесь необходимо учитывать, что верхняя часть шихты имеет рыхлую текстуру. При температурах более 500 °С, хотя и происходит спекание шихты, но преодоление летучими этого участка происходит довольно быстро.

Мы полагаем, что выделение свободной газовой фазы в магматической колонне и турбулентное течение в её верхней части создают высокопористую среду. Фильтрация летучих компонентов, в первую очередь водорода и окиси углерода, происходит в этой среде. Размеры пор в магматическом расплаве сопоставимы со средним размером пор в расплаве шихты или в рудном агломерате и составляют 4×10 – 8Å[10]. Молекулы водорода и окиси углерода имеют еще меньшие диаметры. Даже в случае ламинарного течения газы могут мигрировать по ослабленным границам струй, на что указывает пузырчатость полосчатых риолитов и дацитов некоторых экструзий. В более текучем базальтовом расплаве такая фильтрация газов предположительно имеет большие скорости.

Диффузия газовых молекул в сторону этих стыков и последующее перемещение газов со слоями расплавов должно способствовать их перемешиванию с образованием свободных фаз горючих газовых смесей и воспламенению от трения слоёв расплава в ламинарном потоке или от высокой температуры силикатного расплава. В результате горения газовых смесей увеличивается объём продуктов сгорания и выделившееся тепло разогревает эти участки расплава, понижая его вязкость. Одновременно понижается растворимость газов в приграничных слоях. Эта цепочка событий не может описываться термодинамическими уравнениями. Их можно применять лишь к квазистационарным процессам. Основываясь на обсуждениях описанной выше информации, авторы приходят к выводу, что магматический расплав не является инертным телом. На путях миграции от верхней мантии до поверхности Земли в самом магматическом расплаве происходят химические кинетические реакции с выделением и поглощением тепла с различными скоростями при различных давлениях и температурах. Весь комплекс процессов, происходящих в саморегулирующемся магматическом расплаве, обеспечивает автоматическое поддержание теплового режима, который определяет функционирование гидротермально-магматической системы. Главной функцией системы является осуществление передачи тепловой энергии от магматического очага в земную кору и атмосферу.

Таким образом, магматическая конвективная ячейка представляет собой систему потокового типа, в которой господствующим способом тепломассопереноса является вынужденная конвекция. Этот способ теплопередачи обеспечивается многими совместно действующими процессами.

Существенная черта такого поведения в магматическом процессе – эффект самоорганизации, т. е. возникновение, развитие и гибель макроскопических структур в неравновесных условиях. Исследования по теории самоорганизации таких физико-химических систем, как магматическая конвективная ячейка, далеки от окончательного решения и находятся на

[10] В молекуле H2 расстояние между центром атомов 0.74 Å, а в молекуле CO – 1.15 Å

стадии получения информации и первых обобщений *(Полак, Михайлов, 1983)*. Эти авторы считают, что эффекты самоорганизации наблюдаются в открытых системах потокового типа, связанных, по меньшей мере, с двумя внешними системами, не находящимися в равновесии друг с другом. Незатухающие потоки энергии и вещества поддерживают систему в состоянии, далёком от теплового равновесия. Рост установившейся упорядоченности в таких системах происходит с повышением степени неравновесности при увеличении потока энергии и (или) массы вещества. В случае магматической конвективной ячейки этот эффект фиксируется стадией прорыва магматической колонны через земную кору к поверхности Земли и квазистационарным истечением дифференцирующегося магматического расплава во время извержения. Явления самоорганизации в неравновесных системах принципиально отличаются от явлений упорядочения (фазовых переходов) в равновесных системах, где порядок системы возрастает при понижении температуры. Несмотря на различную природу этих явлений, существует глубокая аналогия в описании равновесных фазовых переходов и эффектов самоорганизации в открытых системах. Равновесные фазовые переходы могут реализовываться в кристаллизующихся магматических очагах, в экструзиях или остывающих лавовых потоках. В связи с этим к ним применимы термодинамические уравнения. Самоорганизация тесно связана с явлениями турбулентности. Оба эффекта наблюдаются в крайне неравновесных системах потокового типа, причём, как правило, при больших интенсивностях потоков следует ожидать именно турбулентное течение. При больших разностях температур, которые имеют место в процессе развития и функционирования магматической системы (разность температур в мантии и земной коре около 1000 °C; разность температур в мантии и в верхних слоях атмосферы ~1300 °C), последняя переходит в состояние с турбулентным режимом конвекции. С другой стороны, если интенсивность внешнего воздействия достаточно мала, состояние открытой системы близко к равновесию. Таким образом, при увеличении интенсивности воздействия наблюдается переход от теплового равновесия к турбулентному режиму, как, например, это происходит при инъекции глубинного базальтового расплава в коровые дифференцированные очаги *(Гриб, 1998; Гриб, Леонов, 1992, 1993)*. Зарождение турбулентности может происходить скачком, либо занимать некоторый интервал значений параметров, характеризующих определенную степень внешнего воздействия на рассматриваемую систему. В последнем случае переход к турбулентному режиму осуществляется путём последовательного усложнения регулярных структур. В качестве примера можно привести события, происходившие во время прорыва базальтового расплава на вулкане Академии Наук в 1996 г. *(Федотов, 1997)*. Сейсмические события свидетельствовали, что продвигающаяся вверх магматическая колонна в земной коре вошла в остывающий коровый магматический очаг, который находился в состоянии теплового равновесия, установившегося после извержения, произошедшего более 20 000 лет назад. В течение ~ 0 часов инъецировавший базальтовый мантийный расплав, нарушив тепловое равновесие в коровом очаге, вызвал образование свободной газовой фазы в охлаждённом и насыщенном растворёнными равновесными газами магматическом расплаве андезито-дацитового, до риолитового, состава. Изменившиеся условия привели к резкому увеличению объема расплава и к возникновению фреатомагматического извержения вулкана Академии Наук. В результате этого извержения был выброшен шлак, пемза, другие виды пирокластики и образовался шлаковый конус на севере Карымского озера. Считается, что образование таких структур отражает явление самоорганизации в неравновесных системах. Параметры внешней среды, как правило, меняются, что вызывает и изменения характеристик рассматриваемой открытой системы. Роль флуктуационных эффектов может быть весьма значительной, особенно в переходной и (или) критической области, т. е. там, где имеет место нарушение устойчивого состояния. Флуктуации в неравновесной среде и в самой неравновесной системе могут влиять на физико-химические процессы самоорганизации в ней. Эти же процессы в силу обрат-

ной связи в нелинейных системах могут, в свою очередь, существенно влиять на характеристики и особенности флуктуаций.

Необходимо исследовать кинетические газо-фазовые процессы в условиях взаимодействия газовых фаз между собой и с вмещающим их расплавом. Решение этих задач затруднено почти полным отсутствием теоретических разработок по динамике газов в высокотемпературных силикатных расплавах, не говоря о специальных практических работах. Все исследования в этой области основываются на данных химических анализов магматических пород и на термодинамических реконструкциях, в которых участвуют конечные продукты окислительно-восстановительных реакций. Реальный состав газов, их химическая кинетика в магматическом расплаве петрологическими исследованиями не могут быть изучены, а сами магмы недоступны для таких исследований. В связи с этим авторы настоящей работы считают, что при изучении процессов, происходящих в конвективной ячейке, необходимо использовать метод аналогий с процессами, имеющими место в других областях знаний, а также проводить специальные лабораторные и натурные эксперименты.

Таким образом, газ является важнейшим элементом жизнедеятельности гидротермально-магматических систем. Газовые потоки осуществляют перенос значительной части рудных, щелочных и породообразующих химических элементов и их соединений из магматической конвективной в гидротермальную ячейку. Газ, вероятно, служит основной движущей силой для магматического расплава, заставляющей перемещаться его из глубоких недр верхней мантии в верхние горизонты земной коры. Газ является основным связующим звеном (рабочим телом) между всеми структурными элементами гидротермально-магматической конвективной системы (магматическим расплавом – вмещающими породами – проницаемыми зонами – гидротермальным флюидом – метасоматитами).

Таким образом, логически не противоречивым является предположение, что в окислительно-восстановительных процессах в верхних горизонтах Земли должна играть важную роль вода и геологические структуры, которые способствуют её проникновению в земную кору и верхнюю мантию *(Григорьев, 1971)*.

История освоения геотермальных ресурсов Камчатки изложена в *(Белоусов В. И., Э. Эрлих, 2012)*.

Литература

Аверьев В. В., 1966, Гидротермальный процесс в вулканических областях и его связь с магматической деятельностью.//Труды Второго всесоюз. вулканол. совещ., «Современный вулканизм». 3 – 17 сентября 1964 г. М., «Наука», с. 118–128.

Аверьев В. В., Богоявленская Г. Е., Брайцева О. А., Вакин Е. А., и Пилипенко Г. Ф., 1971, Вулканизм и гидротермы Узон-Семячикского геотермального района на Камчатке. – В кн.: Вулканизм и глубины Земли. //М., Наука.

Аверьев В. В, А. Е. Святловский, 1961, Вулкано-тектонические структуры Южной Камчатки. //Известия АН СССР, сер. геол. № 6.

Аствацатурян М., 20014, Из глубины //Поиск, 25(1307), 20.06.2014, с.

Белоусов В. И., 1978, Геология геотермальных полей в областях современного вулканизма.// М… Наука, 174 с.

Белоусов В. И., Э. Эрлих, 2012, Тепло Земли.

Белоусов В. И., Е. Н. Гриб, и В. Л. Леонов, 1983, Геологические позиции гидротермальных систем долины Гейзеров и кальдеры Узон. //Вулканол. и сейсмол., 1983.

№ 1. С. 65–79.

Белоусов В. И., С. Н. Рычагов, В. Н. Комлев, и др. 2001, Печенгская глубинная и другие гидротермальные системы: новый взгляд на изоляцию ядерных материалов от биосферы // Вопросы радиационной безопасности, № 2. С. 19–38.

Белоусов В. И., С. Н. Рычагов, С. П. Белоусова, и Ю. А. Филиппов, 2008, К вопросу о происхождении минеральных комплексов «чёрных курильщиков».//RMS DPI 2008-2-6-0 Готлиб А. Д. 1966. Доменный процесс.// М.: Металлургия. 503 с.

Гриб Е. Н. 1998, Петрология продуктов извержения 2–3 января 1996 г. в кальдере Академии Наук // Вулканология и сейсмология. № 5. С. 71–97.

Гриб Е. Н., В. Л. Леонов, 1992. Игнимбриты кальдеры Большой Семячик (Камчатка): состав, строение условия образования // Вулканология и сейсмология. № 5–6. С. 34–50.

Гриб Е. Н., В. Л. Леонов, 1993. Игнимбриты Узон-Гейзерной вулкано-тектонической депрессии, Камчатка: сопоставление разрезов, состав, условия образования. // Вулканология и сейсмология. № 5, С. 15–33.

Григорьев С. М., 1971, Роль воды в образовании земной коры: (Дренажная оболочка земной коры). // Москва: Недра, – 263 стр.

Коржинский Д. С., 1974, Взаимодействие магм с трансмагматическим флюидами.//Записки Всес. Минералогического общества, ч. 103, вып. 2, стр. 173–178.

Короновский Н. В., 1999, Гидротермальные образования в океанах. // Соросовский образовательный журнал. № 10, с. 55–62.

Ларин В. Н., 2005, Наша Земля (происхождение, состав, строение и развитие изначальногидридной Земли). // Москва «Агар», 242с.

Лодис Ф. А., В. И. Семенов, 1993, Камчатка – край лечебный. // Петропавловск-Камчатский.

Лоулис Дж. Контроль проницаемости в рудных системах

Макдональд Г., 1975, Вулканы. М., Мир, 431с.

Маракушев А. А., Тарарин И. А., 1964, О глубинности формирования гранитоидов. В кн.: XXII сессия МГК. Петрографические формации и проблемы петрогенезиса. Доклады советских геологов, Москва, Наука.

Милановский Е. Е., Б. А. Мальков, 1980, Кимберлитовый вулканизм и глобальная эволюция Земли.// Докл. АН СССР, т. 252, стр. 1205–1207.

Набоко С. И., 1959, Вулканические эксгаляции и продукты их реакций // Труды Лабор. вулканологии АН СССР. 304с.

Набоко С. И., ред., 1974, Вулканизм, гидоротермальный процесс и рудообразование, // М., Наука, 170 стр.

Некрасов Б. В., 1973, Основы общей химии. Четвёртая группа периодической системы. Коллоиды сс. 607–619. // Москва, Химия.

Персиков Э. С., П. Г. Бухтияров, С. Ф. Польский, и А. С. Чехмир, 1986. Взаимодействие водорода с магматическими расплавами //Эксперимент в решении актуальных задач геологии. М.: Наука. С 48–70.

Пийп Б. И. Термальные ключи Камчатки.// М., Изд-во АН СССР, 1937. 268с. Полак Л. С., А. С. Михайлов, 1983. Самоорганизация в неравновесных физико-химических системах. // М.: Наука. 288 с.

Посохов Б. В., Н. И. Толстихин, 1977, Минеральные воды. // Л. Недра.

Потапов В. В., 2002, Разработка способов извлечения кремнезёма из высокотемпературного гидротермального теплоносителя // Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук, 386стр.

Рычагов С. Н., В. И Белоусов, Ю. Д. Кузьмин, и С. П. Белоусова, 2005, Роль газов в формировании рудообразующих гидротермально-магматических систем и геотермаль-

ных месторождений. Реальные материалы международного полевого Курило-Камчатского семинара 16 июля – 6 августа 2005 года.

Святловский А. Е. 1971., Структурная вулканология изд. «Недра» Москва, 232 стр.

Слёзин Ю. Б., С. А. Федотов, 1984. Физические характеристики извержения. //В: Федотов, ред. Большое трещинное Толбачинское извержение. Камчатка М.: Наука. 1984. С. 143–176.

Соболев, В. С., 1979, Коэситовые (кварцевые) эклогиты как источник мантийных магм, богатых кремнеземом. В: Проблемы глубинного магматизма, М. Наука, стр. 7 – 12.

Соловьев С. П., 2006, Электромагнитные эффекты при взрывных воздействиях на геофизическую среду// Диссертация на соискание учёной степени доктора физико-математических наук, 363 с…

Сорохтин О. Г., С. А. Ушаков, 2002, Развитие Земли, М: Изд-во МГУ, 506 с.;

Трухин Ю. П., Р. А. Шувалов, 1984. Окислительно-восстановительные реакции, процессы газогенерации и вторичный разогрев на шлаковых конусах // Большое трещинное Толбачинское извержение. Камчатка 1975–1976. М.: Наука. 1984. С. 356–372. Федотов, ред., 1984, Большое трещинное Толбачинское извержение. Камчатка М.: Наука. 1984. С. 143–176.

Федотов, ред., 1984, Большое трещинное Толбачинское извержение. Камчатка М.: Наука. 1984.

Фомин Ю. М. Верхняя астеносфера источник тепла и природных… Свидетельство о публикации № 21104261272.

Эрлих Э. Н., 2009, Заключение.

Эрлих Эдвард, 2006, Месторождения и История

Эрлих Э. Н., 1973, Современная структура и четвертичный вулканизм Западной части Тихоокеанского кольца. Новосибирск, Наука.

Юткин Л. А., 1955, Электрогидравлический эффект М.; Л.: Машгиз.

Allard, P., J. Carbonnelle, D. Dajlevic, J. Le Bronec, P. Morel, M. C. Robe, J. M., Maurenas, R., Emissions of CO2 from Mount Etna. Nature 351, 387–391.

Bauer K, R. B. Trumbull, and T. Vietor, 2003, Geophysical images and a crustal model of intrusive structures beneath the Messum ring complex, Namibia// Earth and Planetary Science Letters 216 65 – 80pp.

Bechi E. 1878. Teorica sui soffioni boraciferi della Toscana. Atti Regia Accademia dei Lincei. Vol. 2, Ser. 3, 8 pp.

Belousov V. I., I. V. Belousova, and Yu. A. Filippov, 2012, The formation of hydrothermal-magmatic systems of skarn type// PROCEEDINGS, Thirty-Seventh Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, Stanford, California, January 30 – February 1, 2012 Bibby H. M., T. G. Caldwell, F. J. Davey, and T. H. Webb, 1995, Geophysical evidence on the structure of the Taupo Volcanic Zone and its hydrothermal circulation// Journal of Volcanology and Geothermal Research 68, 29–58.

Bogie I., J. V. Lowless, S. Rychagov, V. I. Belousov, 2005, Magmatic-related hydrothermal systems: classification of the types of geothermal systems and their ore mineralization//Geothermal and mineral resources of modern volcanism areas. Petropavlovsk-Kamchatsky://ottisk, pp. 51–73.

Bottinga Y., M. Javoy, 1990, MORB degassing: bubble growth and ascent: Chem. Geol., 81, 255–270.

Burgassi P. D., 1987, Historical Outline of Geothermal Technology in the Larderello Region. Geothermal Resources Council Bull., Vol.16, No.3, PP. 3 – 18.

Burgassi P. D., R. Cataldi, and C. Donati, 1995, Scientific Investigations and Technological Development in the Larderello Region from XVI through XIX Centuries W. G. Congress. Firenze.

Calhaem, I. M., 1973, Heat flow measurements under some lakes in North Island, New Zealand. Ph. D. thesis, Victoria University of Wellington.

Cataldi R., 1993, Utilizarea energiei geolermale in antichitafe: de la Etrusci la sfarsitul Evului Mediu Timpuriu. Sp. vol. dedicated to the 30 Anniversary of the University of Oradea – Romaniapp. p. 292–319.

Cataldi R., P. D., Burgassi, and M. C. Suarez Arriaga, 1992–1993, La Geotermia en el Periodo Precolombino en las Areas Mediterranea y Mesoamericana. Geotermia, Revista Mex. de Geoenergia, Vol.8, No.2, pp.145–175; Vol.8, No.3, pp.251–303; Vol.9, No.l, p. 5 – 58.

Cataldi R. and P. Chiellini, 1995, Geothermal energy in the Mediterranean area before the Middle Ages. World Geothermal Congress, Florence, Italy.

Corbett G. J., T. M Leach, 1998, Southwest Pacific Rim gold-copper systems: structure, alteration, and mineralization: Society of Economic Geologists, Special Publication 6, 220 p.

Cluverius F., 1624, Italia Antiqua. Lugduni Batavorum. Tome I, Ex Officina Elseviriana Universitaria, Pisa.

Craig H., 1963, The isotopic geochemistry of water and carbon in geothermal areas: In: Nuclear Geology on Geothermal Areas. CNR, hh. 17–53 D'Achiardi A., 1878, Sull'origine dell'acido borico e dei borati. Atti Societa Toscana Scienze Naturali, Vol. 1 pp. VII–VIII.

deSilva S., W. D. Gosnold, 2007, Episodic construction of batholiths: Insights from the spatiotemporal development of an ignimbrite flare-up // Journal of Volcanology and Geothermal Research 167, 320–335.

Dieulafait L., 1877, L'acide borique, methodes de recherche, origine et mode de formation.

Ann. de Chim. Phys. T. XII, pp. 318–354.

Deville C. 1857, Recherches nouvelles sur le bore et ses affinities, et en particular son affinity pour azot. Comp. Rend. Royale Acad, de Science, Vol. 45.

Dor Ji, Zhao Ping, 2000, Characteristic and genesis of the Yangbajing geothermal field, Tibet/ Proceedings Would Geothermal Congress, 1083–1088 p.

Dumas A., 1857, Traite de Chimie appliquee aux arts. Paris.

Eugster H. P., 1985, Granites and hydrothermal ore deposits: a geochemical framework:// Mineral. Mag. 49, 7 – 23.

Elston, W. E. and G. S. Plumlee, 1994, A special issue on volcanic centers as targets for mineral explorations:// Econ. Geol. 89, 1661–2014.

Faivre-Pierre, D. Martin, J. C., P. Sabroux, & Zettwoog, 1991, Eruptive and diffuse Fiumi E. 1943, La utilizzazione del lagoni boraciferi nelta industria medioevale. //University of Florence, Ed. CYA, Florence, Fournier, R. O., White, D. E. and Truesdell, A. H., 1976, Convective heat flow in Yellowstone National Park. Proc. 2nd UN Symposium Develop. Utilization of fluids in magmatic-hydrothermal systems, in Barnes, H. L., ed., Geochemistry of hydrothermal ore deposits, 3rd edition: New York, John Wiley, p. 737–796.

Fridleifsson, G. O. 1995, Historical Aspects of Geothermal Utilization in Iceland// Proceedings of the World Geothermal Congress 1995, Florence, Italy. Section 2, History of Geothermal.

Gianelli G., A. Manzella, and M. Puxeddu, 1997, Crustal models of the geothermal areas ofsouthern Tuscany (Italy). //Tectophysics, 281, pp. 221–239.

Giggenbach, W. F., 1997, The origin and evolution of fluids in magmatic-hydrothermalsystems, in Barnes, H. L., ed., Geochemistry of hydrothermal ore deposits, 3rd edition: New York, John Wiley, p. 737–796.

Giggenbach, W. F. 1980 Geothermal gas equilibria:// Geochim. Cosmochim. Acta 44, 2021–2032.

Giggenbach W. F. 1987 Redox processes governing the chemistry of fumarolic gas discharges from White Island, New Zealand // Geochemistry, vol. 2. pp. 143–161.

Giggenbach, W. F. M. Martini, and E. Corazza, 1986, The effects of hydrothermal processes on the chemistry of some recent volcanic gas discharges: //Per. Mineral. 55, 15–28.

Giggenbach W. F., J. W. Hedenquist, B. F. Hougton, P. M. Otway, and Allis R. G., 1989, Research drilling into the volcanic hygrothermal system on White Island, New Zealand// Eos Transaction, vol. 70, № 7, 98 – 100, 108–109 pp.

Giggenbach W. F., N. Garcia P., A. Londono C., L. V. N. Rodriguez, G. Rojas, and L. Alvache, 1990, The chemistry of fumarolic vapor and thermal spring discharges from the Nevado del Ruiz volcanic-magmatic-hydrothermal system: //J. Volcanol. Geotherm. Res. 42, 13–39.

Giggenbach W. F., S. Matsuo, 1991, Evaluation of results from Second and Third IAVCEI Field Workshop on Volcanic Gases, Mt. Usu, Japan, and White Islands, New Zealand:

Appl. Geochem. 6, 125–141.

Giggenbach W. F., R. Corrales, 1992, The isotopic and chemical composition of water and steam discharges from volcanic-magmatic-hydrothermal systems of theGua-acaste Geothermal Province, Costa Rica: Appl. Geocheni. 7, 309–332.

Griffiths, R. W. and J. H. Campbell, 1991. Interaction of mantle plume heads with the Earth's surface and onset of small-scale convection. J. Geophys. Res., 96: 18, 295 – 18, 310.

Gudmundsson A., 1995, Infrastucture and mechanics of volcanic systems in Iceland// J. Volcanol. Geotherm. Res. 64. P. 1 – 22.

Hayba, D. O., P. M. Bethke, P. Heald, and N. K. Foley, 1986, Geologic, mineralogic and geochemical characteristics of volcanic-hosted epithermal precious-metal deposits: Rev.

Econ. Geol. 2, 29 – 162.

Hedenquist J. W., 1987, Mineralisation associated with volcanic-related hydrothermal systems in the Circum-Pacific Basin:// In: Transactions of the Fourth CircumPacific Energy and Mineral Resources Conference, Singapore, pp. 513–524.

Hedenquist J. W., 1992, Magmatic contributions to hydrothermal systems: Geol. Surv. Jpn. Rep.279, 1 – 214.

Hedenquist J. W., 1995, The ascent of magmatic fluids: Eruption versus mineralization. Fluids and Ore Deposits, Mineralogical Association of Canada Shortcourse, Victoria, Canada, May. 263 – 289pp.

Hedenquist J. W., J. B. Lowenstern, 1994, The role of magmas in the formation of hydrothermal ore deposits:// Nature 370, 519–527.

Hedenquist J. W., and J. P. Richards, 1998, The influence of geochemical techniques on the development of genetic models for porphyry copper deposits: Reviews in Economic Geology, v. 10, p. 235–256.

Hill, D. and J. Zucca, 1987, Geophysical constraints on the structure of Kilauea and Mauna Loa volcanoes and some implications for seismomagmatic processes. U. S. Geol. Surv. Prof. Pap. 1350, pp. 31–61.

Hill, R. I., I. H. Campbell, G. F. Davies, and Griffith, R. W. I., 1992. Mantle plumes and continental tectonics. Science. 256: 186–193.

Hildreth, W., 1981, Gradients in silicic magma chambers: implications for lithospheric magmatism. J. Geophys. Res., 86: 10, 153 – 10,192.

Hochstein, M. P., I. E. M. Smith, K. Regenauer-Lieb, and S. Ehara, 1993, Geochemistry and heat transfer processes in Quaternary rhyolilic systems of the Taupo Volcanic Zone, New Zealand. Tectonophysics, 223: 213–235.

Hochstein M. P., 1995, Crustal heat transfer in the Taupo Volcanic Zone (New Zealand): comparison with other volcanic arcs and explanatory heat source models // J. Vol. Geoth. Res. 68(1–3). P. 117–151.

Houghton B. F., and I. A. Nairn, 1991, Complex interaction between hydrothermal activity and basic andesitic madma, White island volcano, New Zealand 1976–1991, report № 279, Geol. Sur. Japan, abstract 4thsymposium The Behavior of Volatiles in Magma, Tsukuba, Nov. pp. 80–84.

Johnson C. M., 1991, Large-Scale Crust Formation and Lithosphere Modification Beneath Middle to Late Cenozoic Calderas and Volcanic Fields, Western North America J. Geoph. Res., vol. 96, No. B8, pp. 13, 485 – 13,507, July 30.

Javoy M., F. Pineau, 1991, The volatile record of a–popping rock from the Mid-Atlantic Ridge at 14o N: chemical and isotopic composition of gas trapped in the vesicles: Earth Planet. Sci. Lett. 107, 598–611.

Kasai K, Y. Hishi, D. Fukuda, O. Kato, N. Doi, K. Akaku, T. Ominato, and T. Tosha, 2000, The fluid geochemistry and reservoir mod for the Kakkonda geothermal system, obainedel by NEDO's deep-seated geothermal reservoir survey, Japan. Proceedings World Geothermal Congress 2000 1325 – 133.

Kato O., N. Doi Y. D. Muramatsu, 1993, Neo-granitic pluton and geothermal reservoir at the Kakkonda geothermal field, Iwate prefecture, Japan. Jour. Geotherm. Res. Soc. Japan, 15, 41–57.

Klügel A. and F. Klein, 2006, Complex magma storage and ascent at embryonic submarine volcanoes from the Madeira Archipelago// Geology; May 2006; v. 34; no. 5; p. 337–340.

Knopf, A., 1964, Time required to emplace Boulder batholith, American Journ. Sci., v. 262, no.10, pp. 1207–1211.

Little C. T. S., 2002, The fossil record of hydrothermal vent communities. Cahiers Biol Marine 43:313–316.

Lund, J. W., 1996, Balneological Use of Thermal and Mineral Waters in the U. SA., Geothermics, 25/1, 103–147.

Lund, J. W., 1995, Historical Impacts of Geothermal Resources on the People of North America// Proceedings of World Geothermal Congress 1995 section 2, History of Geothermal Lund, J. W., R. G. Bloomquist, T. L. Boyd, and J. Renner, 2005, The United States of America Country update//Материалы международного полевого Курило-Камчатского семинара 6 июля – 6 августа 2005 г. г. Петропавловск-Камчатский, Ю. Камчатка – о. Парамушир, 25 – 50сс.

Macdonald G. A. Volcanoes. 1972, Publisher: Prentice Hall; First Edition, 544p.

Marty B., A. Jambon, and Y. Sano, 1989, Helium isotopes and CO2 in volcanic gases of W. Price, B. D. Rinard, R. L. Cullers, and M. Ren, 2005, Origin of rhyolite by crustal melting and the nature of parental magmas in the Oligocene conejos Mountains, Colorado USA. Journal Volc. Geothermal Research, 139:185–210.

Pasquinucci M., 1987, Terme Romane e Vita Quotidiana. //Panini S. P. A. (Ed), Modena.130pp.

Peacock S. M., 1990, Fluid processes in subduction zones: //Science 248, 329–337.

Pearson G., F. E. Brenker, F. Nestola, J. McNeill, L. Nasdala, M. T. Hutchison, S.Matveev, K. Mather, G. Silversmit S., Schmitz, B. Vekemans, and L. Vincze, 2014, Hydrous mantle transition zone indicated by ringwoodite included within diamond, Nature.

Pirajno F., 2009, Hydrothermal Processes and Mineral Systems// Springer, 1273pp.

Price R. C., Gamble J. A., Smith I. E. M., Stewart R. B., Eggin S., Wright I. C., 2005, An integrated model for the temporal evolution of andesites and rhyolites and crustal development in New Zealand's North Island //J. Vol. Geother. Res. 140 1 – 24 pp.

Reyes, A., G J. R. M. Saleras, N. D. Salonga, and M. C. Vergara, 1993, Petrology and geochemistry of Alto Peak, a vapor-cored hydrothermal system, Leyte Province, Philippines: Geothermics 22, 479–519.

Rockel I., 1986, Taking the Waters – Early Spas in New Zealand, Government Printing Office, Publishing, Wellington, 195 p.

Ryan, M. P., 1987a. Neutral buoyancy and the mechanical evolution of magmatic systems. In: B. Mysem (Ed.), Magmatic processes. Geochem. Soc. Spec. Pub. 1, pp. 259–287.

Ryan, M. P., 1987b, Elasticity and contractancy of Hawaiian olivine tholeiite and its role in the stability and structural evolution of subcaldera magma reservoirs and rift systems. U. S. Geol. Surv. Prof. Paper 1350, pp. 1395–1447.

Salgado-Pareja J. S., 1988, Hydrothermal activity in Mexico: its utilization for generation and balneology. Geo-Heat Center Quart. Bull. 11(2), pp. 4–7.

Schmandt B., S. D. Jacobsen, T. W. Becker, Zhenxian Liu, and K. G. Dueker, 2014, Dehydration melting at the top of the lower mantle,// Science, vol. 344, iss. 6189, pp.1265–1268.

Shen Y., C. J. Wolfe, and S. C. Solomon, 2003, Seismological evidence for a mid-mantlediscontinuity beneath Hawaii and Iceland // Earth and Planetary Science Letters 214, 143–151.

Shinohara H., W. F. Giggenbach, K. Kazahaya, and J. W. Hedenquist (1993) Geochemistry of volcanic gases and hot springs of Satsuma-Iwojima. Japan: following Matsuo: Geochem. J. 27, 271–285. Shinohara H., K. Kazahaya, 1995, Degassing processes related to magma chamber crystallisation,// in J. F. H. Thompson, ed., Magmas, fluids and ore deposits: Mineralogical Ass. of Canada Short Course Handbook, v. 23, p. 101–128.

Smirnov Ya. B., and V. M. Sugrobov, 1982, Terrestrial heat flow in northwestern Pacific// Tectonophysics, 83, pp.109–122.

Smyth J. R., 1987, βMg2SiO4: a potential host for water in mantle? //American Mineralogist, 72, p. 1051–1055.

Stearns, H. T. and G. A., MacDonald, 1946. Geology and ground-water resources of the island of Hawaii. Hawaii Div. Hydrography Bull. 9., 363 p.

Stuart G., 2014, Diamond reveals the oceans that lie beneath. //Nature, 507, 221–224, 13 March2014.

Sti11e H., 1924, Grundfragen der vergleichenden Tektonik. Berlin: //Gebruden und Berntraeger.459 p.

Taylor B. E., 1986, Magmatic volatiles: isotopic variation of C, H, and S: Rev. Mineral. 16, 185–225.

Thompson, J. F. H. (ed.), 1995, Magmas, Fluids, and Ore Deposits..// Mineralogical Association of Canada, Short Course Series, 23, 1 – 525.

Thordarson T, G. and G., Larsen, 2007, Volcanism in Iceland in historical time: Volcano types, eruption styles and eruptive history//Journal of Geodynamics 43 118–152.

Tomkins A. G., J. A Mavrogenes, 2003, Generation of metal-rich felsic magmasduring crustal anatexis // Geology, 31;765, -768 Wallace P. J., 2005, Volatiles in subduction zone magmas: concentrations and fluxes based on melt inclusion and volcanic gas data//Journal of Volcanology and Geothermal Research 140, 217–240.

White N. C., J. W Hedenquist, 1990, Epithermal environments and styles of mineralization: variations and their causes, and guidelines for exploration:// Geochem. Explor. 36, 445–474.

Wilson, C. J. N., A. M. Rogan, I. E. M. Smith, and D. J. Northey, I. A. Nairn, and B. F Houghton, 1984. Caldera volcanoes of the Taupo Volcanic Zone, New Zealand. //J. Geophys. Res., 89: 8463–8484.

Часть II. Процесс открытия и освоения месторождений

Глава 2.1. Этапы открытия месторождений, роль геолога

По традиции ко дню геолога я получил поздравление от коллег из Мало-Ботуобинской экспедиции АЛРОСа. Стандартный текст, подписанный начальником геологической службы АЛРОСа А. Б. Гурманом. В нем говорится о том, что цель работы геолога – поставить богатства недр на службу человеку. И что вслед за первопроходцами «встанут новые города» – в точности, как и 50 лет тому назад. И это в то самое время, когда лучшие из геологов Мало-Ботуобинской экспедиции и Нижне-Ленского геолого-добывающего предприятия говорят о невероятно тяжелых условиях жизни в «улусах» (читай – якутской глубинке). И это в то время, как обе экспедиции, в буквальном смысле слова, сидят на огромных, ими же открытых богатствах недр, эксплуатация которых могла бы в корне изменить жизнь в этих самых «улусах». Но – надо ждать **Решения Государства,** которое только и гадает, кому выгоднее расписать богатства недр. И, как и при А. Н. Радищеве: «чудище обло, озорно, стозевно и лаяй». Тут ведь и федеральное правительство получить свое хочет, и якутская верхушка, «освобожденная от колониальной зависимости», руку на пульсе держит.

Очень условно историю нахождения и освоения месторождений можно разбить на несколько этапов:

- Первая находка руды.
- Оценка месторождения и «создание его модели».
- Разведка и подсчет запасов.
- Маркетинг месторождения.
- Строительство рудника и начало добычи сырья.

Это, конечно же, идеальная схема. В реальности эти этапы не разделены и зачастую «совмещаются» один с другим. Роль геологов и требования к ним в ходе этих этапов изменяются. На первом этапе от него (геолога) в основном требуется глаз, острое умение наблюдать. На втором он должен проявить эрудицию и по отрывочным данным минералогического состава и геологической обстановки определить возможный тип предполагаемого месторождения, найти правильный аналог его. Третий этап от геолога требует в основном технического мастерства, аккуратности в оконтуривании границ месторождения, опробовании его руд для достоверного подсчета запасов минерального сырья. На четвертом этапе на первый план выходит маркетинг месторождения, доказательство выгодности его разработки, определение возможных потребителей добываемых компонентов на мировом рынке.

После подсчета запасов и маркетинга наступает эпоха освоения месторождения. То, во что воплощаются заключенные в нем богатства, целиком зависит от тех, кому месторождение принадлежит, от широты их государственного и человеческого кругозора. Вперед властно выступают технические проблемы добычи и переработки руды. Геологи разве что проводят дополнительную разведку, чтобы пополнить запасы и не дать месторождению истощиться, дать пищу горнометаллургическому комбинату, работающему на руде месторождения.

На первом этапе речь идет на самом деле не о месторождениях, как они определены в самом начале книги, а о рудопроявлениях и, соответственно, о первонаходителях оруденения.

На первом этапе открытия месторождений геолог играет роль «предсказателя» – человека, дающего прогноз пространственного расположения месторождений. Однако, роль такого рода прогнозов в процессе открытия зачастую сильно преувеличена. В России все еще отстаивают имена «предсказателей» алмазных месторождений, они служат символами школ. До сих пор не утихают дискуссии о том, кто же предсказал алмазные месторождения Сибири. При этом спор идет не об открытии месторождений, а о том, кто дал точное предсказание положения месторождений. Поэтому так часто вспоминают писателя-фантаста А. Ефремова, который в одном из своих рассказов довольно точно указал район, где впоследствии были найдены кимберлитовые трубки. О заключенном Ю. М. Шейнманне, давшем самый точный прогноз пространственного местонахождения алмазных месторождений в одном из закрытых отчетов геологического отдела Норильского комбината, говорят глухо. Но зато большие баталии идут за приоритет В. С. Соболева, указавшего на сходство геологического строения Сибирской платформы и Южной Африки. Как-то забылось, что об этом говорил еще В. И. Вернадский, и, что особо важно, сделал это в 1914 году – в том же году, когда вышла статья П. Вагнера *(Wagner, 1914)*. Прогноз был значителен не только оперативностью, но и тем, что основные черты геологического строения Сибирской платформы были совершенно неизвестны в это время – установленная им аналогия была во многом результатом интуиции. Однако, никакой практической роли этот прогноз не сыграл.

Более важную роль играл не прогноз сам по себе, а определение генетической принадлежности рудопроявлений, создание «моделей» их генезиса. Правильное понимание принадлежности рудопроявления к тому или иному генетическому классу позволяло перешагнуть через этапы дорогостоящей детальной разведки и перейти к промышленному освоению горнорудного района. Яркими примерами этого являются правильная оценка Норильских рудопроявлений Н. Н. Урванцевым, меднорудных рудопроявлений Джезказгана и Балхашского района К. И. Сатпаевым и М. П. Русаковым, Колымского золоторудного района Ю. А. Билибиным.

В классическом виде первонаходитель предстает нам в образе легендарного коня Рамелуса, чей удар копытом вскрыл руду в Рудных горах. Он не знает размеры и ценность найденного, но впервые обнаружил руду, с которой ВСЕ и началось. Находитель совсем не обязательно геолог. В этой роли выступают дети: девочка Катя Богданова, по случайности нашедшая первый самородок платины на Урале и принесшая его приказчику Полузадову, пятнадцатилетний южноафриканский мальчик Эразмус, впервые нашедший в реке на ферме отца алмаз, с чего и началась южноафриканская алмазная лихорадка. В той же роли выступают старатели и геологи, впервые обнаружившие оруденение. Таковы были многочисленные местные (туземные) жители Урала, принесшие первые сведения о железорудных рудопроявлениях впоследствии знаменитых месторождений гор Высокая, Магнитная, Благодать. Таковы были безымянные кельты – находители оловянных проявлений Корнуолла, и старатели, нашедшие золото Витватерсранда.

Совершенной аналогией истории с конем выглядит находка первого кимберлита в бассейне Оленека Костей Забурдиным. Ныне обнажение близ места этой находки называется кимберлитовой трубкой Ленинград. Этим сравнением я ни в малой степени не хочу обидеть Костю. Он был геолог-практик, проводивший тут съемку масштаба 1:1 000 000, и честно сделал свое дело. Вся история была описана мной в статье «Diamond in the Ice» и в книге об истории месторождений *(Erlich, Slonimsky, 1999, Эрлих, 2006)*.

Казалось бы, к той же категории принадлежит и мой друг Сергей Гулин, случайно обнаруживший богатую редкометалльную минерализацию в Уджинском районе Сибирской

платформы. Но Сергей показал тогда, что он – Геолог (с большой буквы). Он не просто нашел точки с богатыми (невиданно-богатыми!) содержаниями редких земель, но в общем правильно оценил природу минерализации, работая при почти полном отсутствии геологических данных. Данные эти пришли на год позже, когда мы вели в этом районе геологическую съемку масштаба 1:200 000. К той же категории первонаходителей-коней относится и человек, которому приписывается находка трубки Мир Хабардин. Ему прямо в руки была дана карта, на которой Н. В. Кинд поставила точку предположительного положения богатой трубки. Его задача была – подтвердить эту точку на местности. Что он и сделал. Оценка трубки пришла позднее – в ходе ее разведки.

Роль первонаходителей в том, что их находки привлекают внимание к потенциям рудоносности того или иного района; их аналогия с апокрифическим конем очевидна. Именно на этой роли и основаны бродящие «в определенных кругах» легенды о том, что «месторождения находятся долотом» – то есть в процессе бездумного бурения наудачу, «методом дикой кошки». Этим оправдывается душевная лень и ее результат – творческое бесплодие.

«Рудные лихорадки». Миграции населения в связи с находками минеральных месторождений

Дуют ветры, йо-хо-хо,
В Ка-ли-фор-ни-ю.
Много слышно золота
Там на Сакраменто.
Песня фортинайнеров – людей 49 года

С открытием золота Калифорнии связано использование россыпных[11] месторождений первого из валютных металлов – золота. Поэтому начать рассмотрение роли месторождений минерального сырья в истории человеческого общества надо, видимо, с того, к чему приводят открытия россыпных месторождений валютных металлов – в частности золота, в первую очередь его россыпных месторождений. Открытие этих месторождений порождает то, что называется «рудной лихорадкой». Обычно этот термин модифицируется, включая название металла: золотая лихорадка, серебряная лихорадка, алмазная лихорадка и т. д.

Масштабы людских миграций, связанных с открытием золота, огромны – многие десятки тысяч человек, – они вполне сопоставимы с масштабом так называемого Великого переселения народов.

В ходе этих миграций создаются новые города, такие как, например, многочисленные города в Рудных горах Германии и Скалистых горах Северной Америки (такие как Ледвил, Криппл Крик, Сентрал Сити, Теллурайд, Сильвертон в Колорадо, многочисленные городки в Нью Мексико и Юте, Ном на Аляске). К ним же принадлежит и город Иоханнесов – Иоханнесбург, крупнейший город Южной Африки, возникший на месте лагеря золотоискателей на месторождении Витватерсранд.

С разработкой месторождений и резким изменением технологии связывается освоение горнорудных районов таких, как район железорудных месторождений Кируна в Швеции, Донбасс или Кривбасс в России. Истощение лесных ресурсов и переход к использованию в черной металлургии каменного угля привел к строительству металлургических комбинатов и росту городов вокруг них. Так создавались центры черной металлургии Юга России, вполне подобные таким же горнорудным районам, как Рур в Германии, центры чер-

[11] Россыпи образуются за счет перемыва поверхностными водами руд первичных, коренных месторождений. Россыпи легко эксплуатировать, но запасы руды в них невелики.

ной металлургии в Англии и Бельгии. Так создается целая система горнорудных городов. В России как до революции, так и в СССР после нее, свободное перемещение людей было невозможно. В СССР строительство такого рода замещалось созданием системы каторжных лагерей ГУЛАГа в комбинации с оргнабором людей для работы по контрактам и комсомольскими призывами приезжать на работу на стройки пятилеток. Таковы были Кривой Рог, Юзовка (ныне Донецк), Никополь, Усть-Каменогорск (Риддер), Тетюхе (ныне Дальнегорск), Кировск и Мончегорск на Кольском полуострове, Магнитогорск, Джезказган в Казахстане, Такоб в Таджикистане, Дашкесан в Азербайджане, Чиатура в Грузии, Норильск, Воркута, Ухта на крайнем севере России, Сеймчан на северо-востоке России (на Колымской трассе), и многие, многие другие, обеспечившие индустриализацию страны и попросту давшие ей богатства и возможность выжить.

Непосредственные последствия открытия именно этих месторождений особенно важны, поскольку их разработка не требует каких-либо серьезных капитальных вложений. Человек всего лишь ставит на кон свою жизнь, бросает все: дом, семью, родных и идет, едет, летит пытать счастья. Нужно лишь, чтобы ему повезло, и он в прямом смысле слова может «грести золото лопатой». Он готов работать неустанно, чтобы раз и навсегда решить вопрос о материальном благополучии своем и своей семьи. Поэтому первое, что вызывают такие открытия – массовые людские миграции.

Число новоприбываших измеряется десятками тысяч в год, очень большая цифра для малонаселенных областей. За год после начала золотой лихорадки в Калифорнию прибыло 80 тысяч человек. Тогда же захудалое селение Иерба Буэна превратилось в один из лучших городов Северной Америки – Сан-Франциско. Мне лучше любых цифр о масштабе события говорит снимок непрерывного потока людей, идущих по крутой тропе к перевалу Чилкут, или кинокадры враз, за пару суток, опустевшего Сан-Франциско – весь город уехал на Аляску! («Райком закрыт – все ушли на фронт»).

Рис. 2.1.1. Иллюстрация к рассказам Джека Лондона – сплошной поток золотоискателей идет через перевал Чилкут к золотой Аляске.

Рис. 2.1.2. Калифорнийская золотая лихорадка 1849 года. Корабли, покинутые экипажами, ушедшими на поиски золота, на рейде Сан Франциско, 1849 год.

Геологические службы – организационная основа поисков месторождений

Но для того, чтобы геолог мог успешно работать, должна быть создана «инфраструктура поиска – организации, которые проводят геологические работы. В России такой организацией стал Геологический комитет (Геолком).

Рис. 2.1.3. Георг (Григорий Петрович) фон Гельмерсен. Основатель Геолкома и его первый директор. Создатель первой геологической карты Европейской части России.

Геолком совмещал в себе административные и научно-технические функции. С переводом столицы в Москву административные функции были переданы новому комиссариату (позднее министерству геологии и охраны недр). Остаток Геолкома сохранил свои научно-технические функции, став Всесоюзным Геологическим Институтом (ВСЕГЕИ). Создание его в этом виде отражало общий подход, принятый в стране по отношению к поискам месторождений минерального сырья в СССР. По предмету, которым он занимался, его называли

Институтом геологической карты. Ведущими его сотрудниками стали профессора Горного Института.

Рис. 2.1.4. Институт геологической карты – ВСЕГЕИ. В этом здании проводилась экспертиза всех геологических карт страны.

Рис. 2.1.5. Доска на здании ВСЕГЕИ. Главная – ВСЕГЕИ

Индустриализация была еще далеко впереди, а средства на нее и вообще на существование нового государства могли придти только за счет выкачивания их из недр. Наличие огромных минеральных богатств можно было легко предвидеть, исходя хотя бы попросту из размеров страны. Оставался только технический вопрос – как сделать это? Ответ, к которому пришло советское правительство, был: проведение геологической съемки масштаба от 1:1 000 000 до 1:50 000. Грандиозность задачи можно оценить исходя из того, что при съемке масштаба 1:1 000 000 вся территория страны должна была быть покрыта сетью геологических маршрутов с расстоянием между линиями маршрутов 10 км, при съемке масштаба 1:200 000 расстояние между маршрутами должно было составлять 2 км. Предполагалось, что съемка этих двух масштабов закроет всю территорию СССР (т. е. одну шестую часть площади земной суши). Съемка масштаба 1:50 000 должна была проводиться выборочно в районах, предназначенных к индустриальному освоению, и расстояние между маршрутами при ней должно было быть 500 метров! В дополнение к визуальным наблюдениям по маршрутам съемка должна была сопровождаться шлиховым и металлометрическим опробованием всех водотоков. Позднее к этому прибавилось требование сопровождать геологические маршруты радиометрическими наблюдениями. И все это должно было быть выполнено в условиях, когда топографические карты и аэрофотосъемка для большей части территории Союза не существовали вообще. Не говоря уже о геофизических съемках – аэромагнитной и гравиметрической. Да и такого количества геологов (да и техников-геологов!) в стране не существовало. Некоторым облегчением была возможность использовать на геологиче-

ской съемке геологов-практиков и студентов-практикантов. А ведь условия съемки масштаба 1:1 000 000 требовали, чтобы исполнитель интерполировал геологическое строение района на основе наблюдений по редкой сети маршрутов (через 10 км).

Месторождения минерального сырья были и поныне составляют основу богатства страны. На поиски их была брошена огромная армия поисковиков и съемщиков. По оценкам в полевые периоды в геологических экспедициях, включая временных работников, участвовало от полумиллиона до миллиона человек. Проводили съемку мы, выпускники геологических ВУЗов страны. К нам можно было отнести точное заглавие книги М. Асуэла о мексиканской революции «Те, кто внизу».

Для меня примером геолога-практика, проводившего геологическую съемку, был Костя (Константин Сергеевич) Забурдин, работавший на территории поля развития кембрийских известняков к востоку от Анабарского массива. Он знал примерно, на глаз, как выглядят известняки нижнего, среднего и верхнего кембрия. Но когда встречались какие-то неожиданности, он должен был нести собранные образцы в петрографическую лабораторию и петрографы давали свое заключение по ним. Так были отмечены первые в СССР выходы кимберлитов на притоке Оленека, реке Омоноос – ныне известные как кимберлитовая трубка Ленинград. Я детально описал эту историю в статье, посвященной истории открытия алмазов Сибири. В 1953–1954 годах я участвовал в качестве студента-практиканта в геологической съемке масштаба 1:500 000 и 1:1 000 000 в северной части Срединного хребта Камчатки. А в следующем, 1956 году, был уже главным геологом съемочной партии М. Б. Голубовского в тех же районах. Геологов-профессионалов для выполнения этой работы хронически не хватало. Их место занимали геологи-практики или студенты горнотехнических ВУЗов. Это было время начала систематического геологического картирования всей территории страны, закрытия многочисленных белых пятен. При этом преодоление природных трудностей (например восхождение на непокоренные вершины) было не менее важно, чем изучение собственно геологии (оно, собственно, и было частью геологических исследований).

Рис. 2.1.6. Камчатка, 1957 год. Автор – студент-дипломник Горного института, главный геолог партии М. Б. Голубовского, 5-е геологическое управление. Фото из архива автора.

Мы как раз вписались в этот романтический период. Мне досталось участвовать в восхождении на вулкан Ичинский в составе экспедиции Хабаровского отделения Географического общества под начальством А. И. Яцковского. Поднимаясь на какой-то вулкан, мы следовали традиции альпинистов и оставляли записку на вершине. Так мы поднялись на вулкан Анаун (прямо вслед за П. Т. Новограбленовым), а позднее на вновь открытом нами вулкане, названном нами Ленинградец (позднее Н. В. Огородов дал ему название Кекукнайский).

Инфраструктура поиска

Организационной основой поисков являлись экспедиции. По определению это поездки в тот или другой район со специализированными целями.

Но, когда я рассказываю об экспедициях сейчас, я имею в виду другое определение.

Они представляли собой административно-хозяйственные организации, созданные для специфической цели – проведения геологических исследований. У нас, в Институте геологии Арктики, они создавались со специальной задачей ликвидации в кратчайший срок белых пятен в географии и геологическом строении огромных территорий. И назывались эти экспедиции по названиям этих районов. Так одна за другой возникали Новоземельская, Североземельская, Таймырская, Шпицбергенская, Корякская экспедиции. В итоге их работ данные о геологии неисследованных районов поступали в научный оборот. Позднее, когда неисследованные районы арктической суши были освоены, как продолжение этой традиции были созданы Арктическая, Полярная, Восточно-арктическая экспедиции, проводившие геофизические работы на полярном шельфе.

Непосредственно после окончания Второй мировой войны, в 1945 году, постановлением Совнаркома было создано Первое главное геологоразведочное управление (ПГГУ, Первый главк) для оперативного проведения поисков стратегического сырья – радиоактивных металлов, алмазов пьезооптического сырья *(Из истории отечественной атомной отрасли)*. В его составе было несколько крупных экспедиций, занимавшихся поисками радиоактивного сырья – такие как Восточная, Северная, Степная. О размахе их работ можно судить по тому, что для «атомного проекта» СССР в 1948 году было организовано свыше 200 специальных геологоразведочных партий и экспедиций с 10 отрядами самолетов, оснащенных новыми чувствительными приборами, позволявшими проводить поиски с высоты 100–300 метров. В результате через 5–6 лет в 1950-х была выявлена большая серия урановых месторождений, обеспечивших сырьем ядерную промышленность *(О массовых поисках урана)*.

Такой тип организации давал возможность поставить поиски стратегических материалов под прямой контроль руководства страны, минуя лестницу бюрократических организаций и одновременно сосредоточить необходимые средства на выполнение первоочередных задач. И дело не только в деньгах: экспедициям прямыми распоряжениями выделялись снаряжение и необходимые продукты питания, отсутствующие в обычной торговой сети.

Организация Амакинской экспедиции явилась важнейшим моментом в открытии алмазных месторождений. Она послужила необходимой инфраструктурой, обеспечившей открытие. Она обеспечивала снабжение и транспортировку партий, решала все вопросы методов и определения объектов поисков походя, исходя из общего отношения руководства экспедиции к науке. По традиции советской экономики эта экспедиция создавалась как своего рода «шарашка», но роль заключенных здесь играли геологи.

Каково реальное, а не в виде газетной шумихи, воздаяние геологам-разведчикам, работающим в заполярной Якутии, лучше всего сказал прекрасно это знающий А. В. Толстов, руководивший разведкой на Томторе. Рассказывая об открытии Эбеляха и Томтора, я исполь-

зую любезно присланный мне очерк А. В. Толстова «Геологи Эбеляха» *(Толстов, 1999)*, дословный отрывок из которого цитируется ниже:

«В нашей литературе, на мой взгляд, кроме Анатолия Жигулина, Александра Солженицына, да отчасти Олега Куваева нет ничего и близко похожего на каторжный труд горняка Эбеляхской партии. Потому что любой цивилизованный человек не может себе представить и сотой доли того труда, что приходится преодолевать горняку, пробивая кайлом-киркой и «козой» – коротким ломиком в мерзлой земле колодцы-шурфы глубиной до 20 метров, на площади в половину могилы (меньше полутора квадратных метров). И все это в кромешной темноте полярной ночи, при парафиновой свечке и морозах за -60 градусов. Неудивительно, что не живут долго горняки, и в вои 45–50 лет становятся немощными стариками. И только лишь единицы из них успевают дожить до пенсии».

Если координация поисковых работ была сосредоточена в АмГРЭ, то тематические работы по прогнозированию алмазных месторождений сосредоточились, в первую очередь, во Всесоюзном геологическом институте министерства геологии (ВСЕГЕИ). Здесь в 1952 году геологами И. И. Красновым и В. Л. Масайтисом была составлена первая прогнозная карта алмазоносности Сибирской платформы. Именно геологи ВСЕГЕИ впервые сломали традицию, вопреки мировой практике связывавшую алмазные месторождения с полями траппов – базальтов и родственных им пород. К аналогичному выводу пришли и геологи Амакинки М. А. Гневушев и Н. А. Бобков. Тогда же В. Л. Масайтис наметил предполагаемую зону глубинного разлома, проходящего через районы, где впоследствии были найдены кимберлиты. Оба этих шага позволили сосредоточить поиски на наиболее перспективных площадях. Те же выводы к началу полевых работ 1953 года сделала и Н. Н. Сарсадских на основании изучения ассоциаций тяжелых минералов в шлиховых пробах. В Центральной экспедиции была поставлена тема по составлению шлиховой карты Сибирской платформы, которой она руководила. Работы по этой теме исследования и привели к созданию эффективного метода поисков кимберлитовых трубок.

Стыдно сказать, читал я про эту славную экспедицию, но в качестве характерного для нее деяния вспоминал не действительно славные дела, а то, как они преследовали молодую геологиню Ларису Попугаеву, как они послали (буквально!) самолет следить за её маршрутом, когда уже ясно было, что она вот-вот выйдет на коренные источники алмазов. Это еще до того, как ей буквально выворачивали руки, вымогая заявление о переходе в Амакинку, – задним числом, разумеется. И геолог, летевший на этом «спецрейсе», тоже именовался геологом. Не удивительно, что всё руководство экспедиции, глазом не моргнув, как должное приняло все награды, а имена этих «первооткрывателей» стоят на обложке и титульном листе роскошного подарочного издания книги «Алмазы Сибири». И они не стыдились этого авторства, а гордились им. Открытие первой в Сибири кимберлитовой трубки «Зарница» описано многими, в том числе и мной в книге «Месторождения и История» *(Эрлих, 2006)*.

Для Саши Толстова и его товарищей Амакинка была тем же, чем для нас была Биркетинская экспедиция, – *Alma Mater* (Альма матер – мать-кормилица), как раньше говорили выпускники о своих университетах. Они были частью её, они знали, что они нужны только как часть Амакинки, и Амакинка всегда защитит и вознаградит их. Моральные проблемы тут на всех уровнях отбрасывались. Ведь, к примеру, Саша Толстов прекрасно знал, что именно М. Васильева была первооткрывателем Эбеляхской россыпи. И написать об этом мог, но написал только десятилетия спустя. Он прекрасно знал, кто нашел редкометалльную минерализацию в Уджинском районе и массив Томтор, открыв двери всей череде открытий. Он даже (с его же слов) в 2003 году собирался добиться включения меня и Сергея Гулина в список первооткрывателей. На новом этапе, в 2011 году, он же предлагал «пободаться с системой», но давал понять, что это создаст сложности с его переводом в Новосибирск.

После долгого периода дискуссий об истории открытия первой кимберлитовой трубки Сибири «Зарница», казалось бы, все было решено, и экспедиция сейчас иная. Но серия статей, опубликованных в журнале «Вилюйские Зори» в 2012 году под рубрикой «Алмазный меридиан» *(Толстов, 2012)*, дает ясное представление о том, что все осталось по-прежнему. Одним из авторов рубрики является мирненский журналист Ришат Юзмухаметов, в свое время опубликовавший серию статей о Ларисе Попугаевой и открытии трубки «Зарница». С него-то и пошла правильная оценка людей и событий. Теперь он в номере, посвященном восхвалению Амакинки, публикует статью о В. Н. Щукине, первооткрывателе трубки «Удачная». Он прямо говорит о том, что с «Удачной» не связано каких-либо путаных историй, как, например, с «Миром». Здесь все ясно: первооткрыватель становится самым молодым лауреатом. Чувствуется, что автор устал от историй, связанных с «Зарницей». Особенно в номере журнала, являющегося апологией Амакинской экспедиции. Но не содержание статьи тут важно, а сам факт ее появления в этом номере. Он как бы говорит: все признано, все уладилось. А что же, спрашивается, с первооткрывателями трубки «Мир»? А НИЧЕГО. Амакинка – отдельно, Н. В. Кинд – отдельно, и трубка «Мир» – отдельно.

Положение с квалифицированными кадрами осложнялось систематически производившимися погромами, в результате которых лучшие, самые творческие кадры бесследно исчезали в пучинах ГУЛАГа.

Даже какое-то подобие системы материального стимулирования к открытию месторождений полностью отсутствовало. Людям (НАМ) морочили голову романтическими бреднями о светлых городах, которые возникнут на местах, где проходили наши маршруты. Плюс к этому сегодня выдается смешное материальное вознаграждение в размере не то трех, не то четырех минимальных средних окладов. И обещали «значок первооткрывателя» – как свидетельство того, что и ты участвовал в открытии месторождения. Но мы-то прекрасно знали, какие ужасные, подобные лагерям, города строили вокруг месторождений и горнодобывающих комбинатов. Да и что, какую награду могло предложить людям это мнившее себя всесильным государство? Главного, в чем поголовно нуждались люди – более или менее нормального жилья, – не было и в помине. И, скажем, Н. Н. Сарсадская, работы которой дали государству крупнейшие в мире месторождения алмазов, говорила о том, что значок первооткрывателя получить более почетно, чем орден Ленина – высшую награду страны.

Пришла пора государственной геологической съемки масштаба 1:200 000 и создавались экспедиции, руководящие работой группы партий, проводивших съемку в отдельных крупных относительно однородных по геологическому строению регионах. На высоких террассах, обычно в устье крупных рек, создавались палаточные города-базы экспедиций (рис. 2.1.6. 2.1.7). Тут были созданы: склады, содержащие все необходимое для снабжения партий, мощные радиостанции. На галечных косах оборудованы взлетно-посадочные полосы, способные принимать самолеты типа ЛИ-2. Здесь стояли каркасы для палаток, дававшие приют партиям в период заброски в районы работ и вывоза их из района. Словом, для нас, проводивших съемку, это был ДОМ, где о нас помнили и заботились.

В задачу экспедиции входил контроль качества полевых материалов партий, которые должны были соответствовать критериям государственной геологической съемки.

Одновременно со съемкой проходило опоискование территорий работ, выявление наличия в шлиховых пробах минералов-спутников алмазов (рис. 2.1.8). На основе отчетов партий макеты листов карты представлялись в Редакционный совет ВСЕГЕИ, где карта и записка к ней проходили апробирование.

Рис. 2.1.8. Биректинская экспедиция. Вверху – столица экспедиции Биректа. На высокой террассе Оленека выстроилась Дворцовая набережная, ряд многоместных палаток «индий». В середине – выброшенная в поле партия ставит свой базовый лагерь. Фото автора.

В центре – Биректинская экспедиция, начальник экспедиции Е. Я. Радин с сотрудницами из минералогической лаборатории. Фото из архива И. Ф. Гориной. Внизу слева – Биректинская экспедиция. Лабаз. – здесь складываются все наши продукты в полевой сезон. Поднятый на столбах на высоту человеческого роста, он не дает расхитить наши запасы главным врагам – леммингам. *Из Эрлих, 2006*.

Рис. 2.1.9. Партия в районе работ. Рабочие будни (из Эрлих, 2006).

Рис. 2.1.10. Биректинская экспедиция. Опробование галечников на алмазоносность. Фото В. А. Литинского Биректинская экспедиция – поискиl

Рис. 2.1.11. Полярная Якутия, 1958 год. Съемка масштаба 1:200 000. «Даем план». Заодно сообщаем, что нашли один из крупнейших в мире массивов ультраосновных щелочных пород. Автор (второй слева) присел рядом с радистом. Позже в центре массива окажется крупнейший в мире массив карбонатитов с огромными месторождениями редких металлов. Снимок Е. Н. Каменева.

Время было такое, когда еще в полной мере сохранилась романтика познания неизведанных территорий и геологам приходилось делать все – от восхождения на вершины до промывки шлихов, в нормальных условиях выполняемых рабочими-промывальщиками.

Рис. 2.1.12. А. В. Толстов – академик РАЕН, будущий руководитель разведки редкоземельных месторождений на массиве Томтор. Промывка шлихов на поисках алмазных месторождений на севере Якутии. Фото из архива А. В. Толстова.

Этап поиска включает в себя все романтические черты, которые встают в воображении обывателя при названии Геолог. В нашу эпоху 50-х – 60-х годов прошлого столетия это была эра геологической съемки (в основном масштаба 1:200000), т. е. нашими полевыми работами охватывался довольно большой район и мы касались проблем региональной геологии. Это была эра палаточных лагерей, заброски в район работ на маленьких транспортных самолетах. Словом это была мечта туристов – долгие маршруты по тайге и тундре, горам и весям. Эта эпоха требовала огромных организационных усилий. Геологическая съемка была одним из основных методов поисков. В основе ее лежали прямые наблюдения по ходу маршрута.

Конечно же, геолог, первый нашедший руду, – это уже не конь; он работает не копытом, а в соответствии с древним благородным девизом своей профессии: «**Умом и Молотком**», и приносит первые, самые первые данные о рудоносности района. Но с чем он имеет дело, оценить, с каким оруденением он встретился и каковы его масштабы, он не может: работы его предварительны, данных почти нет. Кстати, о девизе геологов – в условиях северной части Сибирской платформы работать приходилось в основном **умом** (обнажений коренных пород практически не было).

Но к ним добавлялись «попутные» (на самом деле – прямые) методы поиска: радиометрические наблюдения по ходу маршрута, дававшие сведения о наличии радиоактивной минерализации, шлиховое опробование гидросети, дававшее данные о распределении в речных осадках и почве тяжелых рудных минералов, дополняемое металлометрической съемкой – взятием на перспективных участках проб на спектральный анализ для определения наличия попутных элементов в почве и тонкозернистых осадках.

На съемке (в ходе ее или попутно с ней) определялись задачи и методы поиска на специфические объекты. При этом надо было определить возможные типы месторождений, знать, с какими процессами связано их образование и каковы размеры и форма предполагаемого рудного тела.

Рис. 2.1.13. Вверху – Машины верных друзей геологов – летчиков Управления полярной авиации. Фото автора. Внизу – Вьючные олени – основа наземного транспорта съемочных партий в полярной Якутии 50-х – 70-х годов. Каждой партии придавалось стадо примерно в 100 голов оленей, которым управляли несколько семей каюров. Из Эрлих, 2006.

Для того, чтобы дать представление о том, как мы были вооружены в период работ на геологической съемке масштаба 1:200 000 в алмазоносных районах Якутии, достаточно сказать, что при первой же необходимости съемочной партии придавался отряд магниторазведчиков для оконтуривания предполагаемых кимберлитовых трубок и горно-опробовательский отряд для опробования найденных тел на алмазы. Последний имел в своем распряжении ретгеновскую лабораборию для экспресс-определения содержания алмазов, и минералогическая лабратория экспедиции тут же эти алмазы описывала. Когда мы вели съемку на территории Уджинской структуры, у нас непосредственно в ходе полевых работ была проведена двухканальная аэромагнитная съемка масштаба 1:50 000, результаты которой были сброшены нам в лагерь для заверки аномалий.

Классическими примерами в этом отношении является разработка методов поиска коренных (первичных) месторождений алмаза. Эти задачи в общей форме были решены еще в конце XIX, начале XX века в Южной Африке. Там был описан специфический тип магматической породы ультраосновного состава (содержание SiO2 менее 49 %) брекчиевой текстуры, с которой ассоциииировались алмазы. Она получила название кимберлит. Кимберлиты слагали трубкообразные тела (диатремы).

Позже, в 50-ых годах XX века, было установлено, что кимберлитовые трубки в основном локализуются в тектонически стабильных районах – кратонах или платформах. Эта закономерность пространственного распределения получила название «правила Клиффорда». Казалось бы, все относительно просто. Но дело осложнялось тем, что в СССР в течение долгого времени поиски алмазов проводились на Урале, где они в небольших количествах встречались в речных осадках. В прилегающих районах были развиты в основном магматические породы основного состава (49–52 % SiO2) и считалось, что алмазы ассоциируются со специфическим типом дифференцированных интрузий основной магмы.

Создание правильной модели месторождений, с которыми связаны алмазы, приобрело особую роль в процессе поисков алмазных месторождений Сибири. В этой поистине эпической саге, развивавщейся на протяжении десятилетий на пространстве в несколько тысяч километров, было особенно важно дать геологам-поисковикам правильную модель месторождений, которые они ищут (в англоязычной литературе для этого употребляют точный технический термин *target* – мишень. Они, поисковики, должно были знать, что они ищут – какую форму имеют потенциальные рудные тела и каковы их размеры. Описание этой истории см. в главе 2.7.

Трудно поверить сейчас, но после всех разговоров об алмазных месторождениях геологи с упорством, право же достойным лучшего применения, ориентировались руководством на поиск дифференцированных интрузиий базальтовой магмы, а вовсе не кимберлитов. Более того, один из первооткрывателей алмазов Сибири Г. Х. Файнштейн говорил: «Кимберлиты – выдумка космополитов». Осознание связи алмазов с кимберлитами и внедрение в практику поисковых работ методов поисков алмазных месторождений по минералам-спутникам алмазов связано с именем выдающегося минералога Натальи Николаевны Сарсадских.

История открытия первой в Сибири кимберлитовой трубки связана с именем героической женщины – аспиранта Н. Н. Сарсадских, Л. А. Попугаевой. История этого открытия и преследования Попугаевой руководством Амакинской экспедиции описана во многих публикациях, в первую очередь в статьях мирненского журналиста Ришата Юзмухаметова *(Юзмухаметов, 2004)*. Желающие могут ознакомиться с подробным ее изложением в моей уже цитированной книге «Месторождения и история» *(Эрлих, 2006)* или в главе 2.7 настоящей книги.

Как видно из описаний историй находок и освоения месторождений, помещенных в части I настоящей книги, залогом открытия (а потом и освоения) месторождений является

то, что должен быть человек, который прямо занимается этим и не боится отстаивать свое мнение в борьбе за открытие, поставить на кон и свою судьбу. Он совсем не обязательно геолог, этот человек. Важнее другое: он понимает значимость того, что он нашел.

Первонаходители, кто бы они ни были, – обычно люди без денег, и они бывают отброшены, как только начнется разведка или освоение открытых ими рудопроявлений. На смену им приходят люди, которые по тем или иным причинам смогли оценить природу открытия и достать деньги на его развитие и освоение. Это могут быть геологи, а могут быть люди, не имеющие никакого отношения к геологии, но понявшие потенциальную рыночную ценность рудопроявления. Первонаходители при этом отбрасываются в сторону. Так были выброшены те, кто открыл алмазные месторождения Сибири, Норильск и Талнах, о чем будет рассказано в главе 2.6.

Таким был Кадм, оценивший значимость корнуолльских оловорудных месторождений и организовавший доставку оловорудных концентратов в Средиземноморье, где они создали основу античной Греции времен Илиады. Конечно же он – мореплаватель, купец, пират – ничего не знал о геологии. Да и науки такой тогда не было – она появилось несколько тысяч лет спустя. Но у него, изобретателя первого в мире фонетического алфавита и основателя греческих Фив, достало кругозора (или знаний), чтобы оценить последствия завоза в Грецию олова, положившего начало бронзового века античной Эллады. Из металла, являвшегося сплавом корнуолльского олова и средиземноморской меди, было сделано оружие героев Илиады. Конечно же, именно его и надо считать первооткрывателем этих легендарных месторождений.

Таким был архитектор Огюст Монферран, понявший значимость качества гранита Питерлакского месторождения раппакиви для предполагаемого строительства Исаакиевского собора.

Таким был Николай Николаевич Урванцев, не побоявшийся встать против мнения самой авторитетной геологической организации страны – Геолкома и представивший свое мнение о необходимости продолжать работы в Норильском районе председателю ВСНХ Ф. Э. Дзержинскому. В этом и состояла принципиальная разница между ним и Д. А. Додиным, который просто написал в отчете о возможном наличии крупного месторождения в районе будущего Талнаха и на этом успокоился.

Комсток, по имени которого названо богатейшее серебряное месторождение Северной Америки, обменял десятую часть своих акций на слепую лошадь и бутылку виски. Австралиец Джордж Харрис, зарегистрировавший первый клейм на территории крупнейшего в мире месторождения (Витватерсранда), продал свою заявку за 10 долларов.

Как реально открываются месторождения и кто собственно «виновен» в этом, прекрасно видно на примере открытия железорудного месторождения горы Благодать на Урале (см главу 1.5). Первые образцы руды были найдены вогулом Чумпиным, но реально месторождение было оценено выдающимся инженером и артиллеристом Георгом Вильгельмом де Генниным, получившим в России имя Вильгельма. Его труд «Описание уральских и сибирских заводов», содержал полную опись известных месторождений и заводов края. До прибытия на Урал Геннин привел в порядок железоделательные заводы Олонецкой губернии (Карелия), которые в итоге стали выпускать пушки не хуже шведских. Эта (напечатанная лишь в 1937 году) – работа стала «бестселлером». Ее читали, перечитывали и переписывали горняки и металлурги, она явила образец долгожительства самиздата.

Ярким примером, как технология влияет на освоение месторождений, является освоение Донецкого угольного бассейна. Оно началось после того, как за это дело взялся человек, хорошо знакомый с новой технологией производства железа и стали – доменным процессом, англичанин Джон Хьюз. Он сыграл в освоении Донбасса в точности ту же роль, что легендарный Кадм в освоении оловорудных месторождений Корнуолла (см. главу 1.6).

Второй этап открытия месторождений – разведка

Значимость его очевидна – даже без создания геологической модели надо было оценить, стоит ли разрабатывать месторождение и по возможности, хотя бы в общей форме, предсказать значимость его.

Рассмотрение примеров того, как именно протекал процесс открытия месторождений, показывает, что во всех случаях этот процесс происходил при очевидном недостатке эмпирических данных о геологии рудопроявления. Геолог вынужден перешагнуть через провалы в фактическом материале. Особенно поразительно выглядит предсказание А. Полем Криворожского железорудного бассейна. Мало того, что А. Поль не имел ни малейшего представления о геологии, но и открытые им железорудные месторождения представляли собой новый, дотоле практически неизвестный тип минерализации. То есть механизм открытия был (как было показано в главе 2.6) в точности такой же, как в процессе находки Норильска I, Талнаха, трубки «Мир» и Томтора. Этот процесс можно ближе всего охарактеризовать, как **озарение**. Сравнение того, что происходило при открытии этих месторождений, показывает, что главнейшим было построение модели образования месторождения (естественно, с тщательнейшим учетом всех имеющихся данных).

Разрыв во времени между первой находкой руды, оценкой рудопроявления и разведкой очень важен. Значительна и разница в объемах необходимых ассигнований. Большинство первонаходителей не может себе позволить таких расходов. Поэтому продажа «клейма», заявки за бесценок – обычное дело. Разница в технических требованиях к процессу разведки по сравнению с предыдущим этапом исследования, по-моему, хорошо видна на фотографиях разведки на массиве Томтор, любезно предоставленных мне руководителем этих работ А. В. Толстовым.

Различие в необходимой степени технической вооруженности на этапе разведки ярко иллюстрируется приводимыми ниже фотографиями.

Рис. 2.1.14. Томтор. Эпоха разведки. Пришла настоящая техника. Тяжелые тягачи ГТТ С карротажной станцией проводят геофизическое исследование скважины. Фото из архива А. В. Толстова.

Рис. 2.1.15. Томтор. Эпоха разведки. Трактора волокут буровые и балки буровых бригад на точки бурения. Фото из архива А. В. Толстова.

Противоположный, хищнический подход определил то, что судьба крупнейших в мире месторождений редкоземельных элементов и редких металлов, связанных с массивом Томтор (полярная часть республики Саха), до сих пор не решена.

Последняя на сегодняшний день стадия разведки Томтора характеризуется бурением скважин по сетке в центральной части массива. После ковырянья (иначе не скажешь!) с нашей единственной, постоянно ломающейся буровой, я счастлив сказать, что мы сделали свое дело и те, кто пришли за нами, по сетке разбурили всю эту зону. Фотография, показывающая строгий ряд прорезавших тайгу просек, в начале каждой из которых стоит буровая, заменяет мне образ светлых городов, которые должны быть выстроены по следам наших работ.

Руководил этими сложнейшими работами А. В. Толстов. Недооценить сложность задачи, стоявшей перед Сашей и его товарищами, невозможно. Они реконструировали геологическое строение месторождения по керну скважин, интерполируя между этими булавочными уколами, не говоря уже о сложнейших погодных и бытовых условиях, в которых они работали. В процессе разведки был оконтурен участок богатых руд и по имени этого участка и месторождение было названо Буранным. Теперь это уже настоящее месторождение, для которого подсчитаны запасы раздельно по каждому редкоземельному элементу и вдобавок к этому – по ряду других редких металлов. Результаты этой работы были защищены в Государственном комитете по запасам.

Роль геологов в процессе разведки кардинально меняется. Важнейшей задачей становится не понимание модели образования месторождения, а систематическое оконтуривание и опробование его. Характерна в этом отношении разница открытия массива Томтор и оценки его потенциальной рудоносности и открытие в коре выветривания, развитой в его пределах участка сверхбогатых руд Буранного – в этом случае основная теоретическая дорога была уже проложена нашими работами. Очень показательное описание этого открытия оставлено А. В. Толстовым: как при артиллерийской «стрельбе на поражение», они сгущали сеть буровых скважин и таким образом оконтурили участок особо богатых руд. Понимание того, как образовались эти руды, было результатом работ А. В. Лапина *(Лапин, Толстов, 1999, Толстов, 2012)*.

Специфику роли геолога в процессе разведки по сравнению с предыдущим этапом прекрасно показывает А. В. Толстов *(2012а)*, рассказывающий о том, как они проводили раз-

ведку Томтора. Он очень искренне и детально рисует портреты своих товарищей по работе, их заботы. Они преодолевают жуткие трудности, связанные с природой района и техникой; им за тысячи километров приходят телеграммы о рождении детей, которых им еще предстоит увидеть после конца полевого сезона; учатся считать запасы, применяя компьютер. Они умирают, наконец. Говорится о значении тщательности работы разведчика и «удачи» в оконтуривании месторождения. Одного там, в очерке, нет: того, какие геологические проблемы стояли перед ним, как главным геологом. Бурили по сетке. Случайно наткнулись на богатые руды. Продолжали бурение, несмотря на то, что в соседних скважинах были бедные содержания. Пошли на профессиональный риск. Так и открыли Буранный! На разведке процесс предсказания, озарения, являющийся главной частью работы на этапе оценки месторождений, сводится к минимуму. Задачи разведчика иные: он должен заполнить прорехи в описаниях, дать статистически обоснованную картину для «стрельбы на поражение» – вероятностного подсчета запасов.

Но эта «техничность» процесса работы геолога на разведке кажущаяся. Под ней комбинация тончайшей чисто технической работы, такой, как рубка просек, по которым пройдут буровые профиля и разгадывания тайн природы по колонкам кернов. Оба эти процесса и отражены на приводимых ниже фотографиях, сделанных в процессе разведки на Томторе.

Рис. 2.1.16. Просека, по которой завтра пройдет буровой профиль. Из Толстов, 2011

Рис. 2.1.17. А. В. Толстов, руководитель разведки, в кернохранилище. Из Толстов, 2011.

Ситуация с необходимостью в капиталовложениях на следующем этапе исследования, охватывающем разведку, и, иногда, минуя эту стадию, первые этапы освоения месторождения, в корне меняется; соответственно, изменяются и требования к геологам. Теперь главное – необходимость определить генетический тип рудопроявления. Это является решающей предпосылкой для определения его потенциальных перспектив. Требования к геологам на этом этапе очень велики. От их знаний, интуиции, предлагаемых ими решений, от их дальновидности и мужества зависит судьба месторождения. Данные о геологии рудопроявления на этом этапе исследований отрывочны, и уж во всяком случае, недостаточны, поэтому от геолога требуется интуиция, широкое знание литературы и умение «отстроить» модель генезиса предполагаемого месторождения, «перешагивая» через пробелы в фактах.

Замечательным примером успешной работы геолога на этом трудном этапе может являться урановое месторождение Шварцвальдер в передовом хребте Скалистых гор штата Колорадо. Название месторождения отвечает фамилии владельца клейма, прямо указывает на его присхождение – горняк-эмигрант из горнорудных районов Германии. Установление полной аналогии его руд с рудами знаменитого месторождения Шинколобве (Конго), сделанное замечательным американским геологом Гёрсоном Броди и подтвержденное последующими исследованиями, определило его судьбу, сделав его главным источником урана Соединенных Штатов, обеспечившего горючим ядерный щит свободного мира. Гёрсон стал руководителем горных работ на этом месторождении.

Классическим примером влияния создания модели месторождения можно считать работу немецкого геолога Ханса Меренски. Он доказал, что высокие содержания металлов платиновой группы связаны не с изолированными трубкообразными вулканическим телами, а с определенным горизонтом Бушвельдского массива (см. главу 1.7). Его работа на многие десятилетия обеспечила сырьем мировой платиновый рынок.

Не менее характерна история обнаружения и освоения месторождений Норильск и Талнах, рассказанная в очерке, вошедшем в ту же главу 1.7. Поэтому здесь мы рассмотрим лишь дополнительные вопросы, связанные с судьбами их первооткрывателей – Н. Н. Урванцева и Г. Д. Маслова. Но надо четко сказать, что главная заслуга Урванцева состоит не в находке медно-никелевого оруденения – оно было открыто купцом Сотниковым, а в установлении того, что первичная минерализация относится к типу Седбери и полностью аналогична крупнейшему медно-никелевому месторождению мира (с попутной платиновой и кобальтовой минерализацией). Я думаю, что именно эта аналогия сыграла решающую роль в том, что Ф. Э. Дзержинский поддержал предложения Урванцева о продолжении работ в районе. Кстати, платина была аналитически установлена в норильских рудах в 1923 году. Недаром же и месторождение было названо Урванцевым Норильск I, поскольку он изначально верил (обоснованно, по аналогии с Седбери) в то, что здесь будет найдено много аналогичных месторождений.

В главе 2.7 рассматривается история открытия уникальных месторождений Норильска и Талнаха, принадлежащих к «типу Седбери», и судьба их первооткрывателей.

Изменяющаяся роль геологов на этом втором и решающем этапе открытия месторождений иллюстрируется историей открытия Томтора и связанной с ним минерализации. С. А. Гулин считал, что многочисленные обломки щелочных пород в бассейне Уджи связаны с нижнеюрскими конгломератами. Только открытие самого массива Томтор, установление его кольцевого строения и подтверждение гипотезы о том, что ядро массива сложено карбонатитами, выполненное автором, позволило уверенно прогнозировать наличие тут редкометалльной минерализации, а то, что карбонатитовое ядро Томтора является крупнейшим в мире карбонатитовым телом мира, определило эту уверенность.

В период геологической съемки предсказание огромных, уникальных размеров ассоциированной с массивом минерализации съемки масштаба 1:200 000, ведущим для меня фактором, позволившим дать высокую оценку перспективам редкометалльной минерализации Томтора, явилось его сходство с Хибинским массивом Кольского полуострова. После первого года буровых работ главным фактором прогноза явилось, напротив, установление специфики Томтора по сравнению с Хибинами: обнаружение того, что его ядро сложено карбонатитами, которые составляют значительную часть слагающего Томтор комплекса пород (на Хибинах количество карбонатитов крайне невелико). Если учесть, что у нас не было ни одной скважины, вошедшей в неизмененные карбонатиты, утверждение это было чистой воды предсказанием. В этом отношении можно вполне уверенно сказать, что этот вывод о наличии у Томтора карбонатитового ядра, уникального по размерам, был «скачком через факты» такого же рода, как предсказание Норильска I, Талнаха и, по-видимому, «Мира». Я пишу здесь об Амакинке, но пришедшая ей на смену АЛРОСа в точности того же типа организация. И та же нежная забота о государственных средствах (четыре минимальных зарплаты первооткрывателю!) и о том, чтобы награждать только своих, и кого награждают, решают они же. Именно это лежало в основе всех забот о том, кого включить в список первооткрывателей. Для того, чтобы избавить себя от каких-либо нареканий, они объяснили (со слов А. В. Толстова), что они рассматривали включение в список первооткрывателей только тех, кто принимал участие в открытии именно месторождения с подсчитанными запасами, то есть участка Буранный. Увы, А. Толстов по тем или иным причинам разделил эту точку зрения, хотя отлично знал что было сделано его предшественниками, что и определило то, что Эбеляхская партия бросила на бурение прямо на центр массива всю свою простаивавшую буровую и землеройную технику.

Но при всех различиях и на этом этапе сохранялась обстановка напряженного поиска. Об этом дает прямое свидетельство описание, оставленное А. В. Толстовым *(2012)*.

Вся история воздаяния за открытие Томтора и его богатств описана во всех деталях в соответствующем разделе главы 2.3. Так-что можно тут ограничиться несколькими прямыми цитатами, которые придадут личный эмоциональный оттенок этой истории, передав в какой-то мере атмосферу поиска. Во-первых – цитата из А. В. Толстова, дающая представление о том, что происходило в момент находки сверхбогатых руд Томтора:

«Коль речь пошла о Томторе, прежде всего стоило бы выделить буровую бригаду с несчастливым номером 13 (помните, фабрика на ручье Ыраас-Юрях тоже имеет такой же номер). В разные годы номер этот менялся: то 3, то 43, но закрепился и остался только номер 13. Легендарная бригада под руководством бывшего первого бурового мастера, потом главного механика и наконец, главного инженера партии Тимофейчука Михаила Онуфриевича.

Нет, не потому вовсе сказать особо следует о бригаде этой, что из года в год она наиболее стабильно выполняет поставленные рубежи, прочно лидируя среди трех буровых бригад Эбеляха. Несмотря на самые удаленные участки и самые сложные геологические разрезы, на которых ей приходилось работать за последние 10–13 лет, эта бригада занимает лидирующее положение по сплоченности дружного коллектива. Бригада эта наиболее близка и мне, ведь первые 5 лет работы на Эбеляхе мне приходилось работать рука об руку с этими ребятами.

Буровая все с тем же номером 13 завершила бурение предпоследней поисково-оценочной скважины на Томторе и переезжала на последнюю точку. Серега Жигульский повез выставлять буровую на склон сопки, в точке, отмеченной предварительно на месте затесом на дереве, который мы делали вместе с топографом Чайкой Я. И. и все тем же Тимофейчуком М. О. (Как всегда в экстренных случаях, рабочих не хватало и мы с Михаилом Онуфриевичем были у Ярослава Иосифовича на подхвате за рубщиков просек и реечников, без лыж, по пояс в глубоком снегу буквально проползали от одной точки до другой по 800 метров и так 4 точки. Тогда же чуть было не отморозил я себе ногу – ну прямо как Маресьев).

Это была скважина 5649, вскрывшая неизвестный ранее уникальный тип руд редких элементов, с содержаниями ниобия и редких земель, превышающими в десятки раз их содержания в соседних скважинах и содержания во всех известных месторождениях целого мира… Эти руды кардинальным образом изменили отношение к Томтору. И потом, через два года, в ту же пору на том же месте, когда во время страшного бурана буровую мачту едва не уложило на бок, только благодаря умелой смекалке многоопытного Юры Самусевича (вопреки всякой морской науке во время шторма, по его выражению, – заякорившего тяжелым буровым снарядом на глубину 115 метров и удержавшего таким образом буровую мачту на плаву), когда речь зашла о названии того участка с уникальными рудами, споров даже не возникало. А тут еще челнок наш в космос слетал удачно с тем же названием. Когда-нибудь позже в газетах опубликуют официальную версию в хронике о первооткрывателях Томторского месторождения. И хочется верить, что в ней рядом с несомненно достойными ленинградскими геологами из все того же института Арктики Эрлихом Э. Н., Гулиным С. А. и Поршневым Г. И., обнаружившим массив Томтор и доказавшими его комплексную рудоносность, будут люди, действительно открывшие его, как настоящее месторождение, во второй раз в том марте 1986 года, подняв керн с уникальными рудами Буранного участка».

По иронии судьбы Саша Толстов гордился тем, что они назвали участок «Буранным», созвучно с названием российского варианта шаттла. Сегодня, как известно, российский шаттл Буран используется как свинарник. Та же участь, похоже, уготована и Томторскому Буранному, но там будут откармливаться элитные свиньи – так называемые «олигархи». Вторая цитата из моего ответа А. Толстову на его предложение «пободаться с системой в отношении оформления признания меня первооткрывателем Томтора. Выражение «пободаться» явно отражает заголовок одной из работ А. И. Солженицына. Мой ответ был практически мгновенным:

«Саша, не надо «бодаться». Я покончил свои земные дела, связанные с Томтором. Крохами с барского стола брезгую и принять что бы ни было от этой сволоты (российского начальства) категорически отказываюсь. Да и что, собственно, они мне могут дать? Даже если бы вдруг какое-то начальство решило бы признать мою роль в открытии Томтора (в чем я весьма сомневаюсь!), они могут выдать мне побрякушку в виде медали первооткрывателя плюс, с Ваших же слов, то ли 4, то ли 5 минимальных зарплат. В 1983, когда меня насильно выпирали из России, я заплатил $900 за отказ от гражданства с человека (нас было трое). Подозреваю, что это намного больше любой предполагаемой премии. Но это плата за выкуп из Рабства.

Нет, лучше я буду в компании Н. Н. Урванцева и Н. В. Кинд!»

Разница с процессом открытия Уджинской редкометалльной провинции *(С. Гулин)* и открытием Томтора и оценкой его перспективности здесь разительная. Перед Сергеем и мной стояли геологические задачи, решение которых требовало творческого подхода, в отличие от бурения по сетке. На разведке дело обстояло совершенно не так. Саша пишет, что Томтор – это следующая (после алмазных месторождений) находка Амакинской экспедиции. Это, мягко говоря, аберрация, искажение. А, говоря попросту, клевета на тех, кто это реально делал (но не работал в Амакинке). Это полное повторение освещения истории открытия «Зарницы» и «Мира». Он прекрасно знает, как все происходило на самом деле, но говорит это в угоду местному, амакинскому патриотизму, ну, и, что греха таить, – ставя во главу угла открытие именно Буранного, а не Томтора, в один ряд с открытием алмазов Сибири.

На разведке процесс предсказания, озарения, являющийся главной частью работы на этапе оценки месторождений, сводится к минимуму. Задачи разведчика иные: он должен заполнить прорехи в описаниях, дать статистически обоснованную картину для «стрельбы на поражение» – вероятностного подсчета запасов.

Именно на этом этапе что-то уж больно много разговоров о «госпоже удаче», о роли счастливого случая в процессе открытия.

Маркетинг месторождений. Творческий и смелый подход В. В. Наседкина к маркетингу проложил путь к освоению крупнейшего в мире Ильинского месторождения пемз на Южной Камчатке (см. главу 2.3). Противоположный, хищнический подход определил то, что судьба крупнейших в мире месторождений редкоземельных элементов и редких металлов, связанных с массивом Томтор (полярная часть республики Саха), до сих пор не решена. Работы (прошлые и, надеюсь, будущие) на Томторе являются ярким образцом того, как протекает маркетинг месторождений. На нее необратимый отпечаток наложила разработка крупнейшего месторождения Баюнь Обо в Китае и, связанная с ним монополистическая политика внешней торговли Китая, а также отсутствие потребности в редких землях на внутреннем рынке России. Об этом в деталях будет рассказано в главе 2.4.

Жизнь после исчерпания запасов. Всему на свете приходит конец. Как бы ни были велики те или иные месторождения, но приходит час, когда запасы руды на них бывают исчерпаны и их дальнейшая разработка становится невозможной: либо истощились запасы, либо изменилась рыночная ситуация с данным видом сырья. Следовательно, должен умереть и город, возникший близ месторождения или, как вариант, он (город) должен изменить свою специализацию. Поэтому на флангах существующих рудников не прекращаясь проводятся интенсивные поиски новых месторождений, способных продлить жизнь старых, а с ними и города. Другое решение проблемы – создание туристских центров, воссоздающих историю находки и освоения месторождения. Оформление таких туристских объектов варьирует в зависимости от традиций страны и уровня предполагаемых туристов. В соляной Величке рассчитывали на приезды знаменитостей и «людей света» – там создавали подземные часовни и концертные залы, украшали их канделябрами и скульптурами из соли. В Германии особый упор делался на образовательной стороне экспозиции, создавали горнолыжные курорты, а в соляных растворах лечебные ванны для туристов. В горняцких городках Запада США стараются привлечь массового туриста. Общее количество туристов составляет десятки и сотни тысяч в год. Предлагаемые программы умело сочетают ознакомление посетителей с природой данного месторождения и экскурсы в Историю на наглядном воссоздании всех деталей жизни щахтерского городка времен расцвета Дикого Запада с непременным сопровождением – всякого рода аттракционами. Важность бережного отношения к свидетельствам индустриального прошлого признана ЮНЕСКО, объявившего целую серию исторических руднков памятниками культурного наследия человечества. Туристский бизнес приносит многомиллионные прибыли, зачастую превышающие доходы от эксплуатации умершего месторождения.

С открытием и освоением месторождений связаны две важные морально-этические проблемы – кого следует считать первооткрывателем месторождения и как должно вознаграждаться первооткрывательство. Вся неоднозначность ответа на первый вопрос была показана на примере истории молибденового месторождения Клаймакса. Вторая проблема относительно просто решается в условиях рыночной экономики – геолог получает процент от прибыли предприятия, ведущего разработку открытого им месторождения. В условиях ханжеской советской системы денежная ценность месторождений остававалась за рамками любых дискуссий, а геолог произвольно награждался или не вознаграждался по воле администрации. Ожесточенный спор о том, кто же является первооткрывателем алмазных месторождений России, длился более полувека, с 1954 года. И ничего не дал ни одному из участников этого великого открытия. Разве что Наталья Николаевна Сарсадских получила, наконец, более чем скромную денежную премию. Обнаружившая первую кимберлитовую трубку в Сибири Лариса Попугаева была вначале уволена с работы, а позже получила орден Ленина и квартирку. Да, и посмертно ей поставили (как первооткрывателю Витватерсранда

Харрису) памятник. Или вот вознаграждение Н. П. Рязанцеву, бесспорно признанному первооткрывателю гигантского месторождения калийных солей. Президиум областного совета народного хозяйства в протоколе (текст и стиль сохранены) постановил: «считать Рязанцева Н. П., Первым открывателем в Соликамском заводе на Урале калийных солей. Разрешить тресту Пермосоль выдать ему денежное вознаграждение в размере двухмесячного оклада его содержания» *(Долгина, 2005)*.

Интенсивный рост мировой экономики и параллельное быстрое исчерпание количества относительно легко открываемых (и достаточно крупных) месторождений, резко повышают требования к качеству геологоразведочных работ, освоению новых типов месторождений и новых типов сырья. Это ставит вопросы о необходимости усовершенствовании системы профессионального обучения геологов и стимуляции открытия новых промышленных месторождений минерального сырья.

Вопрос о стимулировании к открытию месторождений был детально разобран в главе 2.3. Соответствующие примеры легко найти в разделах, посвященных открытию алмазов Сибири, Талнаха, Томтора (глава 2.6). Сам размер премии заведомо не сопоставим с ценностью обнаруженного месторождения. Престиж значка первооткрывателя всячески раздувался компанией в прессе. В итоге, к примеру, Н. Н. Сарсадских говорила о том, что получение значка – награда куда более весомая, чем награждение орденом Ленина (высшим орденом страны). Естественно, что о предоставлении первооткрывателю такого блага, как отдельная квартира (или прописка в Москве или Ленинграде), и речи быть не могло.

Новые крупные месторождения становятся настоящей кузницей кадров горно-металлургической промышленности всего мира (см. главу 2.5).

Литература

Долгина, Л., 2005, Это – наша с тобой биография, Мир и музей, № 10.

Лапин А. В., А. В. Толстов, 1993, Новые уникальные месторождения редких металлов в корах выветривания карбонатитов. Разведка и охрана недр, № 3, стр. 7 – 11.

Из истории отечественной атомной отрасли. Геовикипедия.

Масайтис, В. Л., 2005, Где там алмазы? (сибирская диамантиада).// СПб, Издание ВСЕГЕИ.

О массовых поисках урана. Полярный. net.

Толстов А. В., 2012а, «Редкие» страницы алмазной экспедиции или Второе амакинское» открытие века». Эссе. Вилюйские зори. Альманах. Новосибирск., Издательство «Сибтехнорезерв», № 18, с. 21–46.

Толстов А. В., 2012, Томтор – кладовая редкостей. Новосибирск, Наука из первых рук рук. № 6 (48), стр. 62–79.

Толстов А. В., 2011, Массив Томтор – крупнейший из «редких». Наука и техника в Якутии, № 2, (21), Издательство СО РАН, 2011, № 12, с. 16–23.

Толстов А. В., 1999, Геологи Эбеляха. Новосибирск, Сибтехнорезерв, 60 стр.

Юзмухаметов, Ришат Нургалиевич, 2004, Звездный час и трагедия Ларисы Попугаевой. Якутск, Бичик, 64 стр.

Тополянский В. Д., 1996, Вожди в законе (очерк физиологии власти). М., Издательство Права человека, 351 стр.

Эрлих Эдвард, 2009. Пропущенная глава.

Эрлих Э., 2006. Месторождения и история. Издательство Политехнического университета, Санкт-Петербург, 174 с.

Эрлих Э. Н., 2004. Найти месторождение. Звезда, № 10.

Эрлих Э. Н., 2006. Найти месторождение. Звезда, № 12.

Erlich, E. I., and Slonimsky, G. A., 1986, Diamonds in the ice (untold story of the exploration for Siberian diamonds), Trans. of VIII Alaska Placer Mining Conf., Fairbanks, Alaska, p. 13–22.

Глава 2.2. Мотивация поиска

«One equal temper of heroic hearts
Made weak by time and fate, but strong in will.
To strive, to seek, to find, and not to yield!»
Tennison – Ulisses

Открытие месторождения в обычном случае является результатом работы геологов. Главной целью самой специальности геолога является НАЙТИ МЕСТОРОЖДЕНИЕ. Поиск месторождений лежит в самом сердце этой замечательной профессии. Вторая ее цель – поиск закономерностей развития нашей планеты, по сути, – модификация первой. Мотивация к открытию в СССР и западных странах на первый взгляд представляется совершенно различной. В СССР она была совершенно идеалистичной. Но и на Западе геологи вдохновлялись отнюдь не погоней за материальными выгодами. Наиболее ясно эта мотивация к поиску выражена в строках из поэмы Теннисона «Улисс», приведенных в эпиграфе этой главы. Широко известна людям моего поколения последняя строка, цитируемая в романе В. Каверина Два капитана: «Бороться и искать, найти и не сдаваться».

Они навеяны поэту образом неуемного исследователя мира, старого Одиссея, созданного другим поэтом – Гомером. Мне кажется, такой гомеровский образ греческого героя: его упорство до последнего вздоха идти к намеченной цели, побеждая любые преграды, его неиссякаемое стремление к познанию – должен быть понятен и близок любому геологу. А последняя, часто цитируемая строка Теннисона, может быть, наиболее полно выражает сущность нашей профессии. Далеко не всем посчастливилось в итоге их профессиональной жизни найти месторождение. Длительный подход к открытию, требующий огромной и многообразной профессиональной деятельности, делает участников этой работы соавторами открытия. Люди, создававшие методы поиска, модель потенциальных месторождений – такие же участники открытия, как те, кто подошел к месторождению и оконтурил его.

С точки зрения общества смысл существования геологии как науки (или профессии) состоит в обнаружении месторождений минерального сырья.

Геологическая съемка всей территории Советского Союза, принятая как основа геолого-поисковых работ, обещала дать практические результаты лишь в относительно отдаленной перспективе. Месторождения же (и желательно богатые!) были нужны немедленно. Поэтому необходимостью стало создание действенных стимулов к их открытию. Конечно же, все возможные материальные стимулы были использованы. Но возможности правительства, при всем его кажущемся всемогуществе, были очень ограничены.

Поскольку материальных стимулов не было, и не было возможностей их создать, все силы были брошены на создание стимулов идеологических. Так родилась идея светлых городов мечты, которые встанут по следам работы геологов.

Экономика страны и тогда, как и сейчас, была колониальной, то есть чисто сырьевой. Государство, которое только и жило за счет эксплуатации минеральных богатств страны, создавало стимулы к открытию месторождений. О, речь не шла о стимулах материальных: ведь советские люди были выше этого. В СССР не было западной системы, когда геолог-первооткрыватель получает долю доходов от эксплуатации открытого им месторождения. Просто кампаниями в печати создавалось впечатление о высокой престижности профессии геолога, романтический образ геолога, мужественно продирающегося через кусты (ну, чистый турист!). Специально для удовлетворения честолюбия видных геологов параллельно с Российской Академией наук была создана Российская Академия Естественных наук (РАЕН). И уж никак не заходила речь о самой высшей материальной награде – предоставлении квар-

тиры (их просто не было). Просто заработные платы геологам устанавливались намного выше, чем у средних интеллигентов (инженеров или врачей). В итоге, будучи на студенческой практике и получая зарплату плюс стипендию, я зарабатывал больше денег, чем моя мама – врач с большим стажем и бывшая на очень хорошем счету у начальства.

При этом никто (или почти никто) в общем не думал о каком-то материальном вознаграждении. Такова была эпоха. Недра принадлежат народу (то есть нам), и мы открываем ему их богатства. Геологи-то хорошо знали, какова жизнь «на просторах Родины чудесной» вне пары-другой столичных городов. Все переменилось после изменения характера собственности на недра. Ну, в самом деле, какая нам с Сашей Толстовым разница, какому очередному «олигарху» федеральное правительство отпишет открытое нами месторождение, кто будет высасывать деньги из НАШЕГО ТОМТОРА (и переводить на личные банковские счета за рубеж).

Мы взросли на идее о том, что за геологами придут строители и встанут новые рудники, заводы, города, пролягут новые дороги. Как-то опускался вопрос о том, что мы – Поисковики, за нами придут Разведчики, и только результат их большой, очень трудной и длительной работы определит, нашли мы что-нибудь, или нет. Поэтому я был счастлив увидеть присланную мне главным геологом Мало-Ботуобинской экспедиции, академиком РАЕН Сашей (Александром Васильевичем) Толстовым[12], ведшим подсчет запасов на Буранном, приведенную ниже фотографию, на которой тайгу прочертили просеки буровых профилей, на которых стоят готовые к наступлению буровые установки. Она вполне заменила мне видения сказочных городов.

Каждую весну, начиная с середины апреля, набережная Мойки напротив проходной НИИГА была запружена толпой относительно молодых мужчин. Они ждали возможности поговорить с одним из начальников партий, чтобы наняться в поле. Кем – кем угодно! Народ тут был разный. Были, конечно, и пропойцы, ищущие возможность отдохнуть от запоя и гонимые семьями, рассчитывавшими получить их зарплату за период полевых работ. Но, в основном, это были нормальные рабочие люди, желавшие хоть ненадолго уехать от тоски беспросветной. Таким был Борис Лозин, слесарь-монтажник высочайшего класса, которого посылали проводить «шеф-монтаж» на самые ответственные объекты по всему Союзу;

Рис. 2.2.1. Образ разведочных работ, пришедших по результатам наших работ вместо городов мечты (фото А. В. Толстова).

Вася Писакин – опытнейший работник по оптической механике. В минуты отдыха от работы по колено в воде на канавах он любил читать Э. Золя, собрание сочинений которого

[12] Толстов Александр Васильевич, академик РАЕН, руководитель разведки на Томторе, в ходе которой было обнаружено месторождение участка Буранный.

местком дал нам с собой в поле, и просил: «Эдик, привезите что-нибудь из Руггон-Маккаров»; безотказный и исполнительный Витя Никипирович, работавший грузчиком на складах госрезервов. Немало было среди них студентов, аспирантов, работников интеллигентных городских профессий. Поездка в поле давала им возможность прикоснуться к Романтике, изведать прелести полевых работ. Достаточно привести два примера того, насколько популярен был этот «отдых»: поэт Иосиф Бродский (будущий лауреат Нобелевской премии) и Яша Гордин (поэт, будущий главный редактор журнала «Звезда»). У меня в поле был рабочий (по сути, товарищ), талантливый аспирант-археолог, ныне доктор исторических наук Леша Хлобыстин. Характерно, что после окончания полевого сезона они гордились своей причастностью «к геологии». И, зачастую, всю зиму в Ленинграде ходили, не снимая полевых штормовок, в знак того, что они «тоже причастны». Да я и сам, вчерашний школьник, был одержим теми же чувствами.

В точности как пелось в песне Ю. Кукина:

Люди посланы делами,
Люди едут за деньгами,
Убегают от обиды и тоски.
А я еду за туманом, за туманом,
За мечтами и за запахом тайги.

Слово «туман» в нашем обиходе всегда заменялось словом «баран» – мы ехали «за бараном»!

Об этом я могу судить по своему примеру. Поездки в поле для меня были прямым продолжением школьных туристских походов. Тот же характер мотивации сохранился и после окончания Горного института. Это была эпоха геологической съемки масштаба 1:1 000 000. Мы уходили в маршруты продолжительностью до месяца. Зрительное представление о нас в ту эпоху дают две приводимые ниже фотографии. На первой я – студент-дипломник Горного и одновременно главный геолог партии 5-го Геологического управления (нач. партии М. Б. Голубовский) на нашей базе в поселке Эссо (центральная часть Срединного хребта Камчатки). То, что студенту-практиканту доверяли проведение съемки, прекрасно показывало острую нехватку профессиональных кадров (см. главу 2.1»).

В маршрутах мы не только проводили геологические наблюдения, но и наслаждались все еще нетронутой тогда природой Камчатки.

Рис. 2.2.2. Камчатка, 1956 год. В месячном маршруте на р. Тихая у подножья вулкана Анаун. Фото А. Хлобыстина[13].

Мы работали в практически неизведанных краях, и сама работа наша воспринималась нами, как экспедиции по неведомым землям. В Срединном хребте мы работали прямо по следам знаменитой экспедиции К. И. Богдановича и установили широчайшее развитие здесь молодых базальтовых излияний. Недаром поэтому, восходя на вулкан, мы оставляли записку по традиции альпинистов. Наше восхождение на вулкан Анаун было прямым продолжением предыдущего восхождения известного вулканолога П. Новограбленова. Недаром я с восторгом воспринял возможность принять участие в восхождении на вулкан Ичинский, организованном профессиональным альпинистом А. И. Яцковским. В итоге мы открыли фумаролу в леднике, заполнявшем сомму вулкана. Так Ичинский стал первым известным действующим вулканом в зоне Срединного хребта.

Чувства у всех были одинаковы – разнились лишь формы их проявления. Материальным воплощением открытия считались города, которые, теоретически, должны были вырасти близ открытого месторождения. Что это за города, какова будет жизнь в них, никто не задумывался. Уж во всяком случае никто не представлял их в виде зачуханных рудничных поселков. Это были Города Мечты. Важно было чувство, что мы, **Я**, открываем Народу богатства Земли. Характерно, что Н. Н. Сарсадских, у которой просто-таки украли славу открытия алмазных месторождений Сибири, в одном из интервью говорила о том, что значок первооткрывателя, дававшийся за открытие месторождения – награда выше, чем орден Ленина.

Но даже с учетом этого признания, образы мистических городов, как воплощения движущего мотива открытия месторождений, было бы торжеством Агитпропа, присуждение ему незаслуженной победы. Да кроме того, это было бы прямым унижением для славного племени геологов, не понаслышке знавших, как живут в этих самых городах и как они реально выглядят. Желающие могут посмотреть на вид этих городов сегодня на фотографиях Артема Лебедева. Если будете смотреть – учтите, что Удачный и Мирный самые лучшие, «демонстрационные» примеры подобных городов. Иначе, как концлагерем, не назовешь и другой город этого типа – Норильск – гордость советских северных городов (см. на эту тему главу 2.6).

Могут возразить: «а о чем, собственно, думали геологи, открывая месторождения, разработка которых поддерживала античеловеческий режим?». Тут не надо отговариваться незнанием сущности режима: знали, конечно, еще и до «секретной» речи Н. С. Хрущева на XX съезде ком. партии. Очень даже знали! Кому и знать-то, как не геологам. Зэки работали рабочими у нас в партиях, коллекторами, наряду с решившими развеяться на природе интеллигентами, нанимавшимися коллекторами на полевой сезон. Мы не понаслышке знали, как выглядят эти самые «города мечты». Но в сознание геологов прочно вошло противопоставление понятия «режим», «строй» и понятие Родина. Признание роли геолога в открытии, пусть даже выраженное в виде пустой на вид погремушки, – «значка первооткрывателя», – это, в общем-то, насмешка над людьми, совершившими открытие.

Описание условий работы геологов, приведенное в главе 2.2, по-моему, дает ясное представление о роли, которую играла идея «светлых городов мечты» в мотивации результативности поиска.

Пошлая по сути идея городов мечты прочно засела у меня в душе. Не случайно, что когда стало уже ясно, с каким гигантским месторождением мы потенциально имеем дело

[13] А. Хлобыстин, доктор исторических наук, специалист по археологии арктических районов. В то лето 1957 года – рабочий геологической партии 5 Геол. управления.

на Томторе, я постоянно возвращался к мысли о них. Л. Степанов в воспоминаниях об открытии месторождений Томтора говорит о том, что прямо перед инсультом я в разговорах все время говорил об этих самых городах. После инсульта, валяясь прикованный к койке в больнице в Тикси, я говорил о том, что мы будем вывозить сырье с Томтора в Западный Берлин. Вот эта комбинация с Западным Берлином, бывшим главной идеологической «бякой» советской пропаганды, особенно характерна, показывая, что и образ городов мечты и то, куда мы будем вывозить сырье, навеяны одним источником – навязчивой пропагандой.

Нет, если уж искать сравнений, то ближе всего, наверное, подходит образ альпинистов, стремящихся к вершине. Они (альпинисты) ведь прекрасно знают, что вершина пуста. Их ведет вверх стремление к достижению цели как таковой. И в том, и в другом случае (по отношению и к альпинистам, и к геологам) это почти идеальное стремление к противоборству с Природой. Крайним выражением этого примера может быть стремление к покорению Джомолунгмы или достижению Полюса. Эта идеалистичность мотивации еще более ярко сказывается во второй стороне деятельности геологов – теоретических исследованиях в области наук о Земле, о чем будет рассказано чуть ниже в главе 2.5.

В связи с проблемой мотивации к открытию встает вопрос о том, что служит подтверждением твоего личного вклада в открытие – не официальное же включение в список первооткрывателей! Известно, к примеру, что имена безусловных первооткрывателей алмазных месторождений Сибири Н. Н. Сарсадских и Л. А. Попугаевой, Н. В. Кинд получили признание десятилетия спустя после самих открытий, а Ленинская премия за открытие досталась чиновникам из верхушки Амакинской экспедиции. Об этом я рассказал в двух очерках, посвященных открытию сибирских алмазов и Томтора, опубликованных в журнале Звезда *(Эрлих, 2004, 2006)*. К сожалению, противопоставление судьбы этих двух открытий не было понято редакцией, и выход их в свет был разобщен интервалом более чем в год. Та же судьба постигла и Н. В. Кинд, истинную первооткрывательницу первой богатой кимберлитовой трубки Сибири – трубки «Мир»: она была забыта, а премию получили «назначенные» первооткрыватели. Из материалов, приведенных в главе 2.6, видно, что это повторяется и в истории открытия других крупнейших месторождений, – в частности, Норильска и Талнаха. И даже конечная выдача материальных наград – премий, орденов, значков была организована так, чтобы утвердить значимость государственных организаций. Во-первых, все эти награды выдавались только после утверждения запасов (иначе ведь нет месторождения!). Тем самым создавался временной разрыв между обнаружением и первичной оценкой месторождения, с одной стороны, и разведкой и подсчетом запасов, – с другой. Первонаходителей тем самым отбрасывали в небытие.

Литература

Эрлих Э. Н., 2004, Найти месторождение. Звезда, № 10, стр. 181–211.
Эрлих Э. Н., 2006, Найти месторождение. Звезда, № 12, стр. 88–95.

Глава 2.3. Маркетинг и борьба за контроль над рынком

Маркетинг месторождения является важнейшим элементом всех этапов поиска и освоения его. Необходимо все время точно знать, каков спрос на рынке на минеральное сырье, которое потенциально будет поставляться месторождением, надо завязать связи с потенциальными потребителями, знать не просто цены, но и тенденции спроса.

Понятие о маркетинге в советские времена в точности соответствует возгласу, вырвавшемуся у одного из участников американо-советского телемоста, как реакция на слово секс: «у нас этого нет!». Маркетинг сводился к тому, что надо убедить Госплан в том, что то или иное месторождение имеет смысл начать разрабатывать. Это можно было сделать только через влиятельных знакомых в Министерстве геологии. Дирекция НИИГА была убеждена, что такие связи есть у Е. М. Эпштейна, который, кстати, был другом директора НИИГА, И. С. Грамберга. Маркетинговая оценка сводилась к тому, что если в паре уран-торий преобладает уран, то заниматься рудопроявлением стоит, если торий – то надо все бросать. То же и в паре ниобий-тантал: если преобладает тантал – это хорошо, если ниобий – плохо.

Поиск окончен. Месторождение освоено. Наступает эпоха, когда оно выходит на мировой рынок. На стадии безраздельного влияния маркетинга на решения об освоении месторождений геологи впрямую не нужны, разве что как консультанты по вопросам запасов. И решения об освоении принимаются на основе широты воззрений собственников месторождения.

Роль, которую сыграли в истории те или иные месторождения, в значительной степени определялась тем, кто и для какой цели их использовал. Эти вопросы рассматриваются в Заключении к этой книге.

Тут надо сразу сказать, что маркетинг – это не просто учет динамики цен на сырье, а прогноз динамики спроса с учетом тенденций развития техники. В годы перед первой мировой войной стала очевидной роль присадок вольфрама и молибдена для создания сталей, устойчивых к высоким температурам. Недаром в предгрозовой атмосфере этих лет началась буквально охота за рудопроявлениями этих недавно открытых металлов. Именно тогда было оценено значение крупнейшего молибденового месторождения мира Клаймакса. И уже после того, как благодаря присадке металла Клаймакса, союзники выиграли Первую мировую войну. Руководители разрабатывающей Клаймакс компании много и систематически занимались поисками возможных новых областей применения молибдена (см. главу 1.6). Тогдашний руководитель российского Геолкома К. И. Богданович, по воспоминаниям академика А. Н. Крылова *(Академик А. Н. Крылов, 1963, Эрлих, 2014)* ставит вопрос о необходимости срочно уточнить геологию вольфрамовых рудопроявлений России. Это – пример дальновидного подхода к маркетингу месторождений с учетом перспективных нужд экономики.

Главное в процессе маркетинга состоит в том, что надо представить на рынок не сырье, поставляемое месторождением, а само месторождение, как таковое. Для этого надо знать, какие месторождения данного вида сырья сейчас разрабатываются, кем (какими компаниями), и каковы финансовые возможности этих компаний. Надо учесть, как изменится на рынке спрос на рассматриваемый вид сырья после того, как начнется разработка нового месторождения.

Самым первым историческим примером дальновидного маркетинга месторождений является деятельность Кадма, соединившего олово Корнуолла с медью Ближнего Востока. В самом деле – что он, Кадм, собственно сделал? Месторождения Корнуолла к моменту его прибытия в район уже активно разрабатывались, подозреваю, что технология производства бронзы была уже известна на Ближнем Востоке. Маркета как такового в те времена еще

не существовало, но Кадм понял, какой технический переворот может произвести новый металл – бронза и вывоз оловянного концентрата в Грецию. Тем самым он дал оружие героям поэм Гомера и создал основу культуры Эллады.

Насколько непривычно было в СССР говорить о маркетинге в открытии месторождений, наглядно иллюстрирует пример Норильска. Когда говорят об открытии Норильска I, традиционно пишут о провидении Н. Н. Урванцева, верной оценке им геологической природы оруденения. Мало и редко говорят о другом: о маркетинге этого месторождения. А ведь проект продолжения работ в районе Норильска был единодушно отвергнут Геолкомом, в который входили самые авторитетные геологи страны. Денег в стране не было, и просить большие по тем временам средства на продолжение работ в Заполярье было рискованно. Вот тут-то Урванцев и проявил истинное мужество и дальновидность и обратился через голову Геолкома к председателю ВСНХ Ф. Э. Дзержинскому. Он убедил его в выгодности продолжения работ. Вот это был истинный и единственно возможный тип маркетинга! Он-то и решил все.

Маркетинг месторождений Томтора с упорством, достойным лучшего применения, проводившийся А. В. Толстовым и мной, проходил в условиях отсутствия в стране (СССР, а позднее России) рыночной экономики, маркета. И дело не только в том, что редкие земли не были востребованы отсталой российской экономикой, а в полном отсутствии в стране рынка как такового. Наличие рынка противоречило теоретическим основам научного коммунизма *(Сталин, 1952)* и заменялось командным распределением продуктов экономики и ценностей. Особенно ярко это проявилось в области сельского хозяйства. Результат известен – страна, кормившая своим хлебом половину мира, стала ввозить пшеницу из-за рубежа. Примером такого «командного» распределения является «распил» минеральных богатств страны, раздаваемых финансистам, приближенным к руководству страны, так называемым «олигархам». Еще ярче это проявилось на Кубе, где ортодоксия Ф. Кастро попросту привела к закрытию мелких сельских рынков и в итоге в стране с богатым тропическим климатом исчезли овощи и фрукты.

Два других примера успешного маркетинга месторождений:

кимберлитовая трубка Мвадуи.

Криворожский железорудный бассейн.

В обоих случаях задачей маркетинга было найти деньги, основать, используя их, горнорудное предприятие и поставлять его продукцию на рынок. Разница состояла в том, что разработка трубки Мвадуи в силу специфики добываемого сырья (ювелирные алмазы) давала немедленный приток необходимых средств. Трудность в этом случае состояла в том, чтобы противостоять натиску всемогущей монополии Де Бирса. Разработка Криворожского железорудного бассейна требовала постоянного притока капитала, что могло быть обеспечено только при создании акционерного общества, что и было сделано А. Полем. Трудность состояла в инертности российского общества, для которого создание таких предприятий было непривычно. О судьбе открывателей обоих месторождений рассказано в главе 2.5.

Замечательный пример маркетинга месторождений представляет история молибдена. После конца Первой мировой войны молибден не был востребован экономикой и руководство компании Клаймакс провело огромную работу по поискам рынка для своей продукции (глава 1.6), пока не нашло его в производстве автомобильной стали и показало, что сделанные с его применением машины («серые гуси») являются самыми прочными и долговечными.

Наиболее впечатляющие, по моему мнению, примеры того, как протекает маркетинг, можно увидеть, изучая судьбы крупнейших открытий минеральных месторождений: алмазных месторождений Сибири, Ильинского месторождения пемз на Южной Камчатке. И, нако-

нец, возможно, наиболее впечатляющую картину влияния рыночной ситуации (по крайней мере, для меня лично) дает пример с Томтором.

Страна, контролирующая алмазный рынок, не имея ни единого алмаза

В Израиле нет ни одного кристалла алмаза, ни одного алмазного месторождения.

Но здесь, в Тель-Авиве, расположена алмазная биржа. Сегодня через неё проходит до половины всех идущих на мировой рынок алмазов. Связанные с биржей предприятия оснащены самым передовым в мире оборудованием, значительная часть которого производится в Израиле. Качество огранки считается настолько высоким, что Де Бирс рассматривает возможность огранки на израильских предприятиях как первоочередную и предпочтительную. Надо ли говорить, что деятельность алмазной биржи и сопутствующих предприятий дает немалый процент национального дохода Израиля?! История Тель-Авивской алмазной биржи изложена по материалам сайта *(Алмазная биржа Израиля)*.

В XVI веке Амстердам, – торговая столица тогдашнего мира, – стал крупнейшим центром по огранке алмазов. Сюда свозилось алмазное сырье из всех колоний, здесь потомки сефардов приложили к огранке алмазов освоенное ими искусство голландских стеклорезов. В соседнем Антверпене возник центр алмазной торговли. Это было понятно. Но почему сегодня центром огранки и торговли алмазами стал Тель-Авив?

Все произошло в конце 1930-х годов, когда Израиля и в помине не было, а была подмандатная Палестина, и не было кадров гранильщиков, способных конкурировать с той же Голландией. Более того, за собравшейся группой людей не стоял никакой крупный банк, способный противостоять влиянию мировых финансовых центров. Просто те, кто собрались тогда здесь, принесли в эмиграцию свое умение – умение предпринимателей и финансистов. Эти люди решились на создание алмазной биржи и смело бросили вызов мировой монополии Лондонского синдиката, еще в 20-х годах установившего контроль над продажей алмазов на мировом рынке. Основанная в конце 30-х годов Израильская алмазная биржа сегодня делит первое – второе места с Амстердамом по огранке и продаже ювелирных алмазов. Первоначально она была создана как клуб группой торговцев алмазами, собравшихся в доме А. Вайса в садовом районе, ставшем позднее основой будущего Тель-Авива. Хозяин дома был избран президентом клуба. Пока речь шла об относительно небольшой группе людей, они просто собирались в кафе Зуккермана на Алленби стрит. Через два года клуб насчитывал семьдесят два члена, которым принадлежали четыре гранильные фабрики, где работали почти 300 человек. Еще три фабрики строились. В 1947 году клуб и биржа слились в единую организацию, что дало новый толчок развитию алмазного бизнеса.

В 1961 году предложение о строительстве новых зданий алмазной биржи было принято муниципалитетом Рамат Гана, пригорода Тель-Авива. Общая площадь зданий сейчас составляет 22000 кв.м. Вместе с серией общественных мест, ресторанов, банков, магазинов они образуют уникальный деловой центр.

Гиды по стране много говорят о подвиге ранних израильских поселенцев, – тех, кто с лопатами в руках осушали болота приморской низменности и строили на ней цветущие города будущего еврейского государства. Подвиг группы сионистов-предпринимателей, создателей алмазного клуба в подмандатной Палестине, по-моему, был не меньшим ни по смелости, ни по итогам.

Неизбежен ли Де Бирс

Официально установилось представление о том, что сдача России «на милость победителей», то есть Де Бирса, была неизбежна: ведь на стороне Де Бирса были опытное руководство и деньги, почти неограниченные. Казалось – что могла принести такая «взаимовыгодная» сделка?

Реально это было совершенно не так. Да, согласие давало стране-партнеру огромные деньги, в которых она очень нуждалась. Но потери при этом были очень велики. В основе этого лежит то, что Де Бирс связывал своих партнеров по договору, оставляя за собой полную свободу действий на рынке. По стандартному договору с Центральной Организацией по сбыту (CSO) Де Бирс закупал 80 % всех необработанных алмазов, добытых в стране-партнере, и платил деньги вперед, избавляя от всех забот и рисков, связанных с продажей алмазов на свободном рынке. Дело в том, что стоимость необработанного сырья много ниже стоимости потенциально произведенной из него ювелирной продукции. Разница в цене составляла чистую прибыль Де Бирса. Более того, практически полная уступка необработанного сырья Де Бирсу одним махом убивала местную алмазообрабатывающую промышленность. Возможность противостояния мировой монополии иллюстрируется двумя яркими примерами. Первый из них связан с именем канадского геолога Джона Торнберна Уильямсона, по прозвищу Док (Доктор), открывшего, вопреки Де Бирсу, богатейшую трубку Мвадуи в Танзании (Алмазная биржа Израиля). Чтобы оценить этот подвиг, надо иметь в виду, что дело происходило в середине XX века в Африке, где Де Бирс был всесилен и совершенно не терпел какого-либо нарушения своей монополии, – не то что со стороны одиночки, а и со стороны целых государств. Закона для него не существовало. Свергнуть правительство, начать войну было для этой компании обычным делом. Тем не менее, Уильямсон пошел на этот огромный риск. И выиграл. Он вложил все свое состояние в поиски, но этого едва хватало, и только с помощью индийского адвоката И. К. Чопра, – единственного человека, которому он доверял, он смог кончить эту работу. После 5 лет непрерывных поисков 8 марта 1940 года негр-промывальщик дал ему гальку, в которой он сразу опознал зеленый алмаз. Баобаб, около которого был найден алмаз, стал символом организованной Уильямсоном компании.

Рис. 2.3.1. Док (Джон Уильямсон) у баобаба, близ которого был найден первый алмаз трубки Мвадуи.

После окончания ученья Уильямсон работал рудничным геологом на одном из принадлежащих Де Бирсу кимберлитовых рудников в Замбии, который позднее купил. Сводка данных по геологии окружающих районов привела его к выводу о возможности находки кимберлитов в Танганьике. Само приведенное выше прозвище Уильямсона «Док» свидетельствует о его внимании к науке. Поисковики, связанные с Де Бирсом, обследовали эту территорию за десять лет до него и не нашли никаких следов алмазов. Несмотря на сопротивление Де Бирса, Уильямсон начал поиски на свой страх и риск. Согласно легенде, он купил велосипед и в течение двух лет ездил по Танганьике, пока в 1940 году не нашел крупную и богатую алмазами кимберлитовую трубку, названную по имени местного вождя Мвадуи. Здесь он основал рудник и был его единственным владельцем и менеджером.

К 1950 году рудник стал известен эффективностью методов разработки и применением технических новинок. С 1941 по 2008 год здесь было добыто 20 миллионов карат (около 4000 кг) алмазов, многие из которых были ювелирного качества. В 1947 году он подарил на свадьбу английской королеве Елизавете II розовый алмаз общим весом 54 карат, названный алмазом Уильямсона. Этот алмаз стал центром броши, сделанной для королевы в 1952 году. Производительность рудника в 1952 году составляла 10 000 тонн в день. Это был крупнейший алмазный рудник вне Южной Африки. Джон Уильямсон стал одним из богатейших людей мира.

И снова все свои деньги он вложил в строительство рудника, ставшего самым современным алмазодобывающим предприятием мира. Чтобы предотвратить свободный поток алмазов Мвадуи на рынок, в 1945 году Эрнест Оппенхаймер предложил Доку за рудник 2 миллиона фунтов стерлингов и получил отказ, хотя Уильямсон был совершенно без денег. Не для того он провел 10 лет под палящим африканским солнцем, чтобы отдать все. Он хотел создать свою собственную империю. 20 июля 1946 года все тот же Эрнест Оппенхаймер решил «надавить» на Уильямсона через Британское министерство колоний, пригрозив ему национализацией рудника. Одновременно Де Бирс организовал блокаду алмазов Мвадуи огранщиками Антверпена, которым пригрозили, что Де Бирс перестанет иметь с ними дело, если они будут принимать к огранке алмазы Мвадуи. Уильямсон понял, что ему придется вступить в переговоры с Де Бирсом. Противостоять Британской империи он не мог. В результате в августе 1947 года министр колоний сообщил в палате общин, что Уильямсон согласился продавать всю продукцию рудника через CSO, Компанию по продаже алмазов в Лондоне. Еще 10 лет компания Мвадуи (Уильямсон) продолжала существовать самостоятельно. После смерти Уильямсона от рака в 1958 году горнорудный комплекс перешел к его наследникам, которые тут же начали переговоры о продаже его. Рудник был национализирован правительством Танзании, организовавшим совместное предприятие, 75 % которого принадлежит Де Бирсу, наконец-то получившему часть его, и 25 % – правительству Танзании.

Прежде, чем рассказать вторую историю, связанную с открытием алмазов в Австралии и освоением трубки Аргайл, надо заметить, что крупные горнорудные и нефтяные корпорации очень быстро начинают чувствовать себя самодостаточными и сокращают активный поиск новых месторождений, уступая эту роль мелким (или относительно мелким) компаниям. К чему рисковать? Гигантские корпорации самодовольны, считая, что МЫ ведь знаем решительно все (и поэтому всегда правы)! Результат не замедливает последовать. Я не намного ошибусь, если скажу, что около 60 % новых месторождений нефти открывается компаниями среднего и мелкого размера. Вот на этом-то фоне и случилась скандальная история с австралийскими алмазами.

История открытий алмазов в Австралии в этом отношении одна из наиболее поучительных. Она детально изложена в главе 1.9. Здесь же ограничимся лишь кратким ее изложением.

В 1976 году в районе Эллендейл и Аргайла (Западная Австралия) алмазы были найдены в похожих на кимберлиты породах, названных лампроитами. История эта неоднократно описана в литературе. Внимательно следившие за поисками эксперты крупнейшей в мире алмазной монополии Де Бирс заключили, что по совокупности признаков породы этого района не могут быть признаны кимберлитами, а потому и районы не могут считаться перспективными на добычу алмазов. В точности так же, как и в случае с трубкой Мвадуи, Де Бирс не признал своих ошибок.

Проявив большую независимость мышления, австралийские геологи пренебрегли мнением авторитетов и давлением Де Бирса и продолжили поиски. Результатом было открытие в 1979 году лампроитовой трубки АК-1. Разведка и оценка трубки заняла три года. Разработке коренного месторождения предшествовала добыча россыпных алмазов из окружающих рек и ручьев; общий объем добычи составил полтора миллиона карат. С 1983 года началась работа на самой трубке Аргайл, где в 1985 году в эксплуатацию были сданы рудник и обогатительная фабрика. С 1986 по 1993 годы годовая продукция рудника выросла с 29 до 40.9 миллиона карат. Начиная с 1994 года, средний объем годовой продукции установился на уровне 35 миллионов карат. В эти годы Аргайл поставлял треть мировой продукции алмазов.

И продукция эта была особого качества и ценности. Алмазы Аргайла имеют специфическую структуру, благодаря чему их твердость превышает твердость обычного алмаза; они своеобразно светятся под действием рентгеновских лучей и, главное, отличаются замечательной окраской, варьирующей от знаменитых розовых алмазов до желтоватых «шампанского» типа и зеленоватых кристаллов. Славу Аргайла составили розовые кристаллы, признанные самыми прекрасными камнями мира. Они стали маркой Аргайла. В 1989 году на аукционе Кристи кристалл весом 3.14 карат был продан за 1 510 миллиона долларов. Частным образом компания Аргайл продает свои алмазы по цене до 1 миллиона долларов за карат.

Говоря о блестящих достижениях австралийцев, надо напомнить о том, что Аргайл строился в совершенной пустыне: до ближайшего города Перт было более двух тысяч километров. Там была создана отвечающая всем мировым стандартам промышленность по обработке алмазов. Во-вторых, на австралийцев оказывалось огромное давление со стороны Де Бирса и Центральной организации по продаже алмазов, но австралийцы устояли и самостоятельно вышли на мировой рынок, заняв там достойное место.

История расхищения алмазных месторождений России

Естественно, первым следствием соглашения с Де Бирсом была смерть советской (позднее – российской) алмазообрабатывающей промышленности. Лишившись притока высококачественного сырья, умерли российские предприятия по огранке камней, такие как Петергофская или Смоленская фабрики. Положение любого производителя на алмазном рынке определяется его возможностью нарастающим темпом вести поиски все новых и новых месторождений. Разработка алмазных месторождений остается выгодной, пока идет выработка трубок открытым способом – карьером. При переходе на подземную разработку стоимость добычи резко возрастает, и, при постоянном содержании ювелирных алмазов, дальнейшая добыча становится нерентабельной.

Договор был откровенным обиранием со стороны Де Бирса. Неудивительно, что российская сторона постоянно подозревала Де Бирса в мошенничестве и занижении цен. В 1992 году, за два года до истечения партнерского соглашения с Де Бирсом, через Лондон в Сан-Франциско прибыл молодой человек со специальным заданием от российского правительства. Звали его Андрей Козленок. Кроме окончания срока действия соглашения

с ДеБирсом, время приезда Козленка определялось и тем, что председателем Российского комитета по драгоценным металлам и камням (ГОСКОМДРАГМЕТА) был назначен ставленник Б. Н. Ельцина Е. Бычков, до этого с 1985 года бывший министром финансов. В 1990 году Бычков предложил российскому правительству организовать прямую продажу российских алмазов на американском рынке. В распоряжении председателя ГОСКОМДРАГМЕТА находились многочисленные ценности в виде произведений искусства, золота и алмазов, в том числе из подземного хранилища в Москве (на глубине 10 метров под Москвой-рекой), известном для посвященных под именем «шкаф».

Существование «шкафа» открыто признавалось. Его, по крайней мере, один раз прямо демонстрировали представителям американского телевидения. Так, пытаясь поправить сделанную ранее ошибку, российское правительство пошло по преступному пути международной контрабанды и отмывки денег. И человек для этого был выбран «проверенный»: Евгений Бычков уже показал свои финансовые способности, потеряв в 1990 году на спекуляциях 22 миллиона долларов, которые российское правительство рассчитывало выручить на незаконной продаже необработанных русских алмазов на мировом рынке.

Приезд Козленка и внешне, и «идеологически» был оформлен как правительственное мероприятие. По описанию М. Харта *(Hart, 2001)*, Козленок был одет в элегантный итальянский костюм, на руке его были часы стоимостью не менее 50 000 долларов, в аэропорту его ожидал лимузин. Но главное, изначально давалось понять, что цель его миссии – бросить вызов монополии Де Бирса. Он объявил план деятельности своей компании по поставке на американский рынок российских алмазов. Предполагалось, что они могут быть обработаны в России на ювелирной фабрике, принадлежащей А. Козленку. Для этого им была организована компания совместно с двумя эмигрантами из Советского Союза Давидом и Ашотом Шагирян. По инициалам имен владельцев (Андрей, Давид, Ашот) компания получила название Голден АДА. Предполагалось, что российское правительство обеспечивает деятельность фирмы, поставляя ей в Сан-Франциско ценности, гарантирующие получение займа в американском банке. В Сан-Франциско был доставлен большой груз ценностей, включая тонны царских золотых монет общей стоимостью 50 миллионов долларов. Компании создавалась большая реклама, А. Козленок давал интервью американской прессе, встречался и снимался с ведущими политическими деятелями, включая вице-президента США Альберта Гора. Всем им Козленок объяснял, что благодаря ему Сан-Франциско расцветет, став мировым центром по обработке алмазов.

Компания подарила полиции Сан-Франциско российский военный вертолет с условием, что сохраняет за собой право использовать его для прямой доставки необработанных алмазов из аэропорта в офисы Голден АДА в деловом центре Сан-Франциско. Так началась поставка алмазов. Только одна партия их составляла 90 000 карат. Компания наняла 36 гранильщиков. Но при 36 гранильщиках, работающих 40 часов в неделю, фабрика могла обработать всего 360 карат. При таких условиях поставка 90 000 карат сырья просто не имела смысла. Речь шла не об обработке алмазов, а об отмывке денег.

Криминальный замысел, поощряемый криминальной верхушкой страны, нашел вполне достойных исполнителей. Последующая проверка отчетных книг компании наглядно показала, на что тратились деньги. С жадностью и размахом, вполне достойными «новых русских», Голден АДА приобрела за 18 миллионов долларов частный реактивный самолет; за 3.8 миллиона долларов были куплены кондоминиумы, «Роллс-Ройс» и пара роскошных машин «Аштон-Мартин»; за 4.4 миллиона долларов – имение в районе озера Тахо, в котором снималась вторая серия фильма «Крестный отец» (вот он – идеал!). Козленок и его компаньоны приобрели серию яхт стоимостью более 1.2 миллиона долларов и пятнадцать роскошных автомашин. Козленок построил себе особняк в Сан-Франциско стоимостью 5 миллионов долларов с дорогими картинами и, конечно же, конечно, приобрел мечту

каждого русского миллиардера – коллекцию яиц Фаберже. Для обеспечения быстрого получения наличных денег Голден АДА купила в северной Калифорнии сеть бензозаправочных станций.

В попытке «реализовать» алмазы Козленок отправлял партии алмазного сырья на алмазную биржу в Антверпен, где камни сертифицировались как заирские. Российское происхождение сырья, таким образом, скрывалось. Позднее огранщики установили, что камни происходят не из Африки; тем не менее, они были куплены. Заметим, что и в этом случае речь шла о продаже необработанного алмазного сырья. До огранки, резко повышающей цену камней, дело не доходило. В целом, по замечанию М. Харта, Де Бирс ежегодно теряет от воровства сотни миллионов карат алмазов, значительная часть которых впоследствии вновь покупается им же на мировом рынке. По мнению представителя ФБР, российский организованный преступный мир крадет около 40 % добываемых в стране алмазов, хотя некоторые считают эту цифру несколько преувеличенной.

Следователи позднее установили, что создание Голден АДА имело целью поставку на рынок не только золота, драгоценных камней и алмазного сырья, но и нефти из российских стратегических резервов. Только безалаберное ведение дел компании Козленком привело к провалу всей операции.

Когда Козленок узнал, что им интересуется ФБР, он обратился к старшему помощнику мэра Сан-Франциско Джеку Ильмендорфу, предложив ему пост главного директора компании с зарплатой в 1 миллион долларов. Ильмендорф, в прошлом опытный частный детектив, в свою очередь подрядил бухгалтерскую фирму Артура Андерсона для проверки финансовой отчетности компании. Первый же просмотр документации показал, что фирма безотчетно и неизвестно на что потратила 130 миллионов долларов. Подобная активность не могла остаться незамеченной, и в 1994 году соответствующая документация легла на стол агента ФБР в Сан-Франциско Джо Дэвидсона. За плечами у него уже было расследование деятельности колумбийского наркокартеля и американской мафии, так что огромные траты Голден АДА сразу привлекли его внимание. Незадолго до того компания устроила большой гала-прием для знатных гостей на крыше особняка Голден АДА, где находилась площадка для посадки вертолета, подаренного полиции Сан-Франциско. Как рассказывает М. Харт, среди щедро угощаемых водкой и черной икрой гостей были мэр города, начальник полиции, влиятельные калифорнийские политики.

ФБР и российское министерство внутренних дел образовали рабочую группу для расследования деятельности компании. Членом этой группы стал майор МВД Виктор Жиров. Зная обычные связи российской полиции с мафией, сначала Дэвидсон относился с подозрением к Жирову.

Поскольку отправка за рубеж валютных ценностей требовала утверждения министерства финансов, Жиров затребовал соответствующие материалы в министерстве. Тут выяснилось, что они засекречены, как и таможенные декларации. Подчиненному Жирова в Москве грозили ножом, сам Жиров был жестоко избит неизвестными и помещен в больницу. Но, по выходе из больницы, Жиров немедленно продолжил расследование. Бычков был прямо запрошен им: что государство получило взамен предоставленных Козленку 178 миллионов долларов? В ответ Бычков обвинил во всем своего бывшего протеже Козленка. В конце сентября, всего через неделю после бегства Козленка из США, ФБР и налоговое управление США возбудили в федеральном суде Сан-Франциско дело против компании Голден АДА, обвиняя ее в хищении российских ценностей. После открытия судебного дела ФБР получило прямые данные о коррупции в высших эшелонах российского правительства, включая аппарат президента Ельцина. Налоговое управление США реквизировало сеть бензозаправочных станций и остановило отправку значительного груза золота, драгоценностей и алмазного сырья в Швейцарию. В результате налоговое управление изъяло 40 миллионов, из

которых 10.5 миллионов было удержано федеральным правительством США, 25 миллионов возвращены российской казне, а остальные – незадачливым кредиторам. Учитывая очень небольшую сумму, возвращенную российской казне, операции Козленка обошлись стране в 153 миллиона долларов.

При переходе власти к новому президенту России В. В. Путину Борис Николаевич Ельцин получил от российского парламента (Думы) амнистию. Она, естественно, полностью покрывает названное разрушение российской алмазной промышленности и обесценивание многих десятилетий поисковых работ российских геологов. Интересно, однако, покрывает ли она международные преступления по отмывке денег?

Козленок бежал в Бельгию, а затем, преследуемый Жировым, в Грецию. Оттуда он по требованию российских обвинителей был выдан российскому правосудию. Ашот Шагирян «урегулировал» свои отношения с американскими властями. Давид Шагирян до сих пор остается на свободе.

И вот результаты деятельности российской Фемиды. Козленок получил 6 лет за хищения в особо крупных размерах и штраф в 1.8 миллиона долларов. Таким образом, Козленок, говоря словами россиян, «украл у народа 186 миллионов долларов, а получил срок, как за хищение мешка картошки». В январе 2002 года, отбыв срок в 4 года, Козленок вышел на свободу.

Как только начались судебные иски, ГОСКОМДРАГМЕТ был ликвидирован, а его функции были переданы российскому министерству финансов. Бывший глава бывшего ГОСКОМДРАГМЕТа Евгений Бычков был приговорен к трем годам заключения за злоупотребление служебным положением и контрабанду, но тут же освобожден по указу об амнистии к 50-летию окончания второй мировой войны. После освобождения он стал вице-президентом одного из российских банков, тесно связанного с алмазной промышленностью России (видимо, как специалист по алмазам).

Также после осуждения на три года был амнистирован экс-руководитель отдела финансов, бюджета и денежного обращения правительства Российской Федерации Игорь Московский.

Но самая мелкая сошка среди подсудимых, – Николай Федоров, директор дочерней компании Козленка «Звезда Урала», должен был отсидеть три с половиной года за пособничество в злоупотреблении должностным положением и контрабанду. Очевидно, именно он был выбран козлом отпущения.

Осенью 2002 был издан указ о либерализации экспорта российских алмазов. Указ разрешал вывоз до 15 % необработанных алмазов за пределы России. В декабре 2003 года российская пресса торжествующе сообщила: «Москва оставила Израиль без алмазов». Речь, однако, шла всего лишь о том, что по требованию Москвы Интерпол задержал в Венгрии вице-президента израильской Алмазной биржи Авраама Трауба по подозрению в незаконном вывозе алмазов из России. По общему мнению прессы, поводом для задержания явилось превышение Траубом 15 % нормы вывоза необработанных алмазов, постоянно практикуемое торговцами алмазами. Вместе с Траубом были арестованы еще трое покупателей российских алмазов: двое торговцев из Израиля и бельгиец. Президент израильской Алмазной биржи Шмуэль Шнитцер заявил, что руководство биржи уверено в невиновности Трауба. Городской суд Будапешта в экстрадиции Трауба отказал.

В условиях нормальной рыночной экономики деньги на дальнейшие поисковые геологоразведочные работы поступают в виде отчислений от разработки уже открытых месторождений. Отказавшись от независимого маркетинга добытых алмазов, и, соответственно, уступив Де Бирсу разницу в цене, правительство России не только перечеркнуло достижения ученых и геологов-полевиков, – оно на корню подорвало собственную возможность содержать дорогостоящие геологоразведочные организации. Начались многочислен-

ные попытки создания совместных с иностранными компаниями предприятий по поискам алмазов: деньги – от Запада, рабочая сила – наша, результаты – пополам. При этом оговаривалось, что в случае удачи (находки месторождения) будут заново вестись переговоры о доле партнеров в предприятии по разработке. И все это, не считая многочисленных ограничений на вывоз драгоценных камней из страны. Это было бы откровенным обиранием возможных партнеров. Описанное положение касалось не только поисков алмазов, но, по сути, финансирования всей геологоразведочной службы. В стране, после индустриализации и всех «пятилеток» почти исключительно живущей за счет сырьевых ресурсов, финансирование геологоразведочных работ и обеспечение их эффективности является вопросом жизни и смерти для всей экономики.

Попытки привлечь иностранные инвестиции обречены на неудачу по ряду причин. Первая из них – уродливое налоговое законодательство, не дающее иностранным инвесторам каких-либо гарантий сохранения капитала и льгот.

Денверская компания Crown Resources, на которую я работал как консультант, всерьез рассматривала возможность образования совместных предприятий с российскими партнерами по разработке золоторудных месторождений. Но все рухнуло сначала в Хабаровске, где глава управления природных ресурсов в областной администрации стал откровенно вымогать взятки. А потом, после детального изучения российского налогового законодательства, не оставлявшего потенциальным иностранным инвесторам никакой надежды даже на малейшую прибыль, была отвергнута сама идея «вхождения» компании в Россию.

Что происходит с иностранными инвесторами, добившимися успеха в поисках, наглядно показывает история компании Archangelsk Diamonds. Геологи компании нашли в непосредственной близости от крупнейшего Ломоносовского месторождения богатейшую как по общим запасам, так и по содержанию ювелирных алмазов новую кимберлитовую трубку. Нашли, вопреки пессимистическим заявлениям архангельских геологов о том, что вряд ли рядом с одним крупнейшим месторождением появится другое, не меньшее по размерам. И тут же все обещания о равном дележе собственности были отвергнуты российской стороной. Инвесторы не хотели каких-либо осложнений: они даже назвали новую трубку «Гриб» – по фамилии ныне покойного первого президента компании Поморалмаз. Используя свои международные связи, компания ставила вопрос о полюбовном делении собственности в соответствии с начальными соглашениями на всех международных совещаниях при участии представителей Канадского и Британского правительств. Представители Российского правительства заверяли, что интересы компании будут защищены. Все кончилось ничем. Интересы местной банды были выше интересов страны. Приехав на конференцию по алмазным месторождениям в Канаде в 2001 году, представители Архангельска бесстыдно говорили о том, что трубка «Гриб» была «найдена в соответствии с их прогнозами»! Ну, кто же будет после всего этого всерьез говорить с ними о капитальных вложениях в разведку!

М. Харт *(Hart, 2001)* считает, что, в конце концов, организовать самостоятельную продажу алмазов не так уж и сложно. Нужно только иметь желание и смелость бросить вызов всемогущему картелю, что и сделала группа израильтян, но не смогло и не захотело сделать советское государство. Позорная «сдача» всей российской алмазодобывающей промышленности и предательство всех, кто десятилетиями работал над открытием алмазных месторождений России, отнюдь не были неизбежны. Сравнение с историей создания алмазной биржи в Тель-Авиве это вполне наглядно показывает.

Два «эпизода» одного ряда в истории российских алмазов: история открытия алмазных месторождений России и позорная сделка российского правительства с компанией Де Бирс, – теснейшим образом взаимосвязаны. Второй, детективный эпизод прямо отвечает на вопрос, поставленный в заглавии книги В. Масайтиса *(2005)* – «Где там алмазы?». А вот они где: у А. Козленка, В. Бычкова, Б. Ельцина и других им подобных.

Месторождения нефти и мировая история

Обойти вопрос о влиянии нефтяных месторождений, их поисков и освоения на экономическое и социально-политическое развитие общества невозможно[14]. Нефтяные месторождения и их эксплуатация требуют приложения всей мощи современной индустрии не только для добычи, но и для транспортировки и переработки нефти вплоть до доставки ее потребителям.

Ранняя история нефти и технические проблемы ее добычи

История добычи нефти начинается по крайней мере с шестого тысячелетия до нашей эры. С 18 века до нашей эры в Китае знали о нефти. Ал-Беларури (IV век) упоминает о том, что жизнь на Абшероне (близ Баку) с древнейших времен была связана с добычей нефти. Указания на интенсивную добычу нефти в этом районе находим у арабских ученых, Марко Поло и европейских дипломатов в азиатских государствах; ими же приводятся данные о добыче нефти и ее вывозе в Иран, Среднюю Азию и Северный Кавказ *(История развития нефтяной промышленности)*.

Шумеры использовали нефть и нефтепродукты как связующий материал при строительстве. Греки широко применяли нефтепродукты в военном деле для «греческого огня». Слово «петролеум» происходит от латинского «олеум петрос» (каменное масло). Около 950 года арабы построили первую установку для перегонки нефти *(История нефти…)*. В 1859 году близ Баку строится первый нефтепереработывающий завод. В 1863 году тут же был построен первый завод по производству керосина, а в 1867 году в районе Баку действовало 15 нефтеперерабатывающих заводов *(История развития нефтяной промышленности…)*.

Поиски и освоение нефтяных месторождений проводят в несколько этапов. На первом этапе производят общую оценку перспектив нефтеносности района.

Рис. 2.3.2. Геологи в Иране на стадии оценки нефтеносности района. Геолог-европеец едет в поле в сопровождении туземных рабочих. Начало XX века. BP Россия_История компании

Далее следует решающий этап – поисковое бурение.

[14] Термин «нефть» в этом разделе используется как синоним общего термина углеводороды», включая горючие газы и конденсаты.

Рис. 2.3.3. Нефть найдена! Нефтяной фонтан на знаменитой седьмой скважине на месторождении Гавар (Ghawar) в Саудовской Аравии. В английских газетах того времени снимок нефтяного фонтана сопровождался надписью: «Well done, well 7» (дословно: «Хорошая работа, скважина 7!»).

Поиски, разведка и освоение нефтяных месторождений порождают череду крупных технических переворотов в жизни человеческого общества, к созданию новых отраслей индустрии и новой инфраструктуры. Это проявляется на всех этапах нефтедобычи. Так, появилось специальное роторное нефтяное бурение. Новые технические задачи встали в связи с резким увеличением глубины бурения, от десятков метров, до 3.8–5.4 км на крупнейшем в мире месторождении Тенгиз в Казахстане *(Тенгиз, нефтегазовое месторождение)*. И встает задача подавления напора газов и жидкостей, самопроизвольно поднимающихся с глубин.

Рис. 2.3.4. Лес нефтяных вышек в Техасе. Из: История Техаса.

Транспортировка нефти от месторождения осуществляется по трубопроводам или танкерами. Сегодня нефтяные поля опутаны системами труб и сходятся к магистральному трубопроводу. Системы трубопроводов длиной сотни километров сегодня соединяют продуктивные скважины Северного моря с перерабатывающими заводами на берегу (см. следующий раздел).

Первыми трубопроводами в СССР были газопроводы Саратов-Москва и Бухара-Москва, обеспечившие газификацию столицы страны. Саратов-Москва начал строиться в конце войны и вступил в строй в 1946 году. В начале 1970-х был построен трубопровод

на Аляске от Прадо-Бэй на побережье Ледовитого океана к незамерзающему порту Валдиз на тихоокеанском берегу. Нефтепровод строил консорциум трех крупнейших монополий Бритиш Петролеум, Экссон и Атлантик Ричфилд. В строительстве были заняты более 20 тысяч рабочих. Это – самый большой магистральный трубопровод в мире. Гигантский нефтепровод длиной 1288 км, при диаметре труб 120 см имел пропускную способность 23 млн. тонн нефти в год, которая была доведена до 89 и 120 млн. тонн. Стоимость строительства составила 7 млрд. долларов; примерно столько же потребовалось на мероприятия по охране окружающей среды. Первый баррель нефти был перекачан по нефтепроводу в 1977 году.

Рис. 2.3.5. Трансаляскинский трубопровод. Общий вид.

Рис. 2.3.6. Трансаляскинский трубопровод (карта).

В 1891 году В. Г. Шуховым была запатентована экспериментальная установка по термическому крекингу нефти. В 1915–1918 году были сооружены первые промышленные установки крекинга нефти в США. В 1934 году была построена первая в СССР установка термического крекинга *(Крекинг…)*.

Рис. 2.3.7. Установка термического крекинга В. Г. Шухова в Баку, 1934 год.

За этим последовало изобретение двигателя внутреннего сгорания, работающего на продуктах нефтепереработки, родилась нефтехимия. Новые технологии сопровождались созданием деловой инфраструктуры, обеспечивающей стабильность рынка нефти и газа. Воздействие добычи нефти на историю большой группы государств, в частности Ближнего Востока, общеизестно.

Автомобильная революция начала 20-х годов XX века, в итоге которой дороги Европы и Америки были наводнены огромным количеством автомобилей, стала возможной только в результате появления системы бензоколонок. В 1921 году в Великобритании было 69 колонок, а в 1925 году их количество возросло в 1000 раз и достигло 6000.

Нефтяная горячка в Пенсильвании. Начало американской нефти

У американской нефти есть точный день рождения – 27 августа 1859 года – день, когда дала первую нефть скважина Эдвина Дрейка в Пенсильвании близ города Тайтусвилль.

Рассказ об этом истрическом событии неоднократно публиковался. Подробная статья была опубликована А. Садовым *(Садов, 2005)* на сайте Нефть, газ и фондовый рынок. Здесь мы лишь приводим наиболее яркие моменты открытия этого месторождения.

В 1854 году небольшая группа инвесторов создала компанию по добыче нефти в Пенсильвании. Было совершенно неясно, какое практическое применение может иметь природный материал. Индейцы племени сенека, собиравшие вручную с поверхности водоемов «черное масло», употребляли нефть в лечебных целях. Новая компания обратилась к профессору Иельского университета с просьбой изучить свойства нефти и дать рекомендации по ее практическому применению. Вывод исследования звучал перспективно: из нефти можно получать керосин, годный для освещения. До этого для освещения прменяли китовый жир или получали низкокачественный и дорогой керосин из угля.

Оставалось добыть нефть. Для этого компания наняла Эдвина Л. Дрейка (1819–1880) для проведения опытного бурения на нефть в окрестностях Тайтусвилля, штат Пенсильвания, и создала новую компанию «Сенека Ойл компании». В этот период пересечение границ штатов было связано с бюрократическими процедурами, поэтому компания разослала рекомендательные письма, просившие оказать всяческое содействие ее генеральному представителю «полковнику» Эдвину Дрейку.

Деловые качества Дрейка проявились позже, а сейчас он был нанят в основном потому, что его переезды в поисках нефтяного поля не вызывали расходов – как бывший железнодорожник он имел право на бесплатный проезд. Для придания большего веса своему предста-

вителю компания приписала ему воинское звание полковника. Но главными достоинствами новоявленного полковника были опыт бурильщика, инициативность и упорство. Им впервые было применено бурение скважин при поисках нефти.

Два, казалось бы, простейших технических решения обеспечили возможность бурения:

1. Он изобрел метод применения обсадных (забойных) труб, не дающих скважине зарастать под действием горного давления. Изобретение этого метода он считал главным достижением своей жизни.

2. Он впервые применил буровую вышку для спускоподъемных операций.

Новоявленный «полковник» Дрейк прибыл в глухой городишко Тайтусвилль в Пенсильвании. По его словам, в городке было 125 жителей, ни одной церкви и две гостиницы.

Рис. 2.3.8. Первооткрыватель нефти Пенсильвании Эдвин Лорентин Дрейк. (Из Эско. Первая нефть)

В 1857–1858 годах Дрейк занимался бурением в окрестностях Тайтусвилля, но максимальное количество нефти, которое он получал в день, составляло около 10 баррелей (1.6 м3). На глубине 32 фута (около 10 метров) скважина столкнулась с твердой породой. Несмотря на использование парового двигателя, проходка в среднем составляла 3 фута (около метра) в день. Стенки скважины смыкались под действием горного давления. Скважина получила название «безрассудство Дрейка». У самого Дрейка кончились деньги, жить было не на что. Владельцы Сенека Ойл приняли решение о ее закрытии и отозвали Дрейка. Но Дрейк не сдался. Он изобрел метод бурения при помощи «забивных труб». Это позволяло опускать буровой снаряд в скважину, не давая ей закрыться под действием горного давления. Это, казалось бы, простейшее изобретение решило все. В конце жизни, подводя итоги сделанному, Дрейк писал: «Я заявляю, что это я изобрел забивную трубу, и я забивал ее, без этого никто не смог бы бурить в низинах, где земля затоплена…» «Я надежно пробурил первую скважину для нефти в Америке и могу показать эту скважину. Если бы я не сделал этого, то этого не сделали бы до сегодняшнего дня».

После многих неудач совсем не стало средств. Но тут в последней скважине на глубине 21 метр бур провалился в пустое пространство, которое быстро наполнялось нефтью. Народ сбежался со всего городка. Дрейк и бурильщик ручным насосом наполняли все бывшие под рукой емкости. Это случилось 27 августа 1859 года. Родилась новая индустрия Америки. На следующий день буровик Уильям Смит пришел закрывать скважину, но увидел прибывающую нефть. Смит позвал Дрейка. Они с трудом пробивали себе дорогу через окружившую скважину толпу и стали откачивать нефть ручным насосом и заливать ее в первые попавшиеся емкости *(Эско. Первая нефть, 2006)*.

Деловых способностей у Дрейка практически не было. Знаменитая первая скважина сгорела, запатентовать изобретенный им метод бурения с использованием забивных труб он забыл. В итоге он бросил бурение, уехал в Нью-Йорк, где стал первым маклером нью-йорк-

ской фондовой биржи, специализирующимся на продаже нефти. Играя на повышение цен, он к 1866 году полностью разорился и провел несколько лет в полной нищете. В 1873 году правительство штата Пенсильвания назначило ему нищенскую пенсию в $1500 в год. Первая пробуренная им скважина, положившая начало нефтяной индустрии Америки, стала национальным музеем.

По случайному совпадению сегодня как раз юбилей. Прошло больше полутора столетия с победы Дрейка. Мир вокруг нас немыслим без нефти и ее производных, изменился кардинально. Но даже такой щедрый дар природы, как углеводороды, сам по себе не дал бы потрясающих результатов без Организатора. Об этом человеке рассказ в следующем разделе этой главы.

Успех манит, поэтому подавляющая часть литературы об открытии пенсильванской нефти посвящена не Эдвину Дрейку, а Д. Рокефеллеру о котором рассказывается в следующем разделе.

Организация деловой инфраструктуры. Стандард Ойл

Открытие нефти могло дать эффект только после создания транспортной системы, которая обеспечила бы возможность доставлять нефть потребителям. И этот эффект нефтяной лихорадки немедленно последовал, когда была была построена железная дорога, соединившая Пенсильванию с индустриальным Нью-Йорком.

После этого разразилась настоящая нефтяная горячка. Нефтяные (буровые) компании стали возникать одна за другой. По словам Д. Рокефеллера булочники, бакалейщики и продавцы церковных свечей бросали свои дела и шли бурить. Некоторое время спустя общее количество бурильщиков в Пенсильвании превысило 16 000. Бурение шло бессистемно и на рынок поступало непредсказуемое количество нефти, что немедленно сказывалось на скачках цен. Кульминацией ее стало возникновение нескольких городков нефтедобытчиков с характерными названиями Ойл сити, Олеополис, Петролеум-сентер. Уже в 1865 году недалеко от городка Питхоул-Сити добыча нефти составляла две трети мирового объема добычи *(Эско. Первая нефть, 2006)*.

Дальнейшее развитие производства нефти и освоение месторождений зависело от трех разных видов компаний – буровиков, переработчиков сырой нефти в конечный продукт – керосин и масла, и компаний, занимающихся транспортировкой. Обеспечение нормальной работы отрасли зависело от правильной координации работы всех трех видов компаний. В организации такого рода координации и состоял план Д. Рокефеллера (1839–1937). По русскоязычной традиции его фамилия пишется Рокфеллер. Но мы сохраняем написание, следуя английской орфографии.

Прирожденный бухгалтер (он иначал свою трудовую жизнь в возрасте 16 лет именно в должности помощника бухгалтера), он сочетал широту видения с тщательным учетом малейших расходов и был упорен в преследовании поставленных целей. Он писал:

«Я начинал бизнес как бухгалтер и я научился уважать цифры и факты независимо от того, насколько они малы». Типичный протестант, он был глубоко религиозен и во всех деталях соблюдал все религиозные обряды, так что партнеры называли его Дьяконом.

Он стремился объединить под одной крышей все три вида компаний (буровые, транспортировочные и торговые). Для этого он начал под любым видом скупать самые перспективные буровые компании, добился получения скидки на железнодорожные тарифы и тем самым удешевил перевозки по железной дороге. Получение скидок оказалось возможным благодаря надежности поставок нефтепродуктов компанией Рокефеллера. Одновременно заключались договоры с нефтепеработчиками с целью создать компании по продаже нефти и нефтяных продуктов. Начав работу по объединению разных элементов нефтяной

отрасли под единой крышей своей компании, он, с одной стороны занялся скупкой компаний-бурильщиков, обладавших богатыми участками, а с другой стал стараться получить контроль над системами транспортировки. При осуществлении своего плана Рокефеллер сразу же предпринял шаги по приобретению систем распределения нефти в Нью-Йорке. Там он в 1866 году основывает компанию по продаже нефтепродуктов на Атлантическом побережье и экспорту керосина, скупает склады, суда на Гудзоне, одновременно покупает участки земли, на которых рос белый дуб, из которого делались бочки для перевозок нефти. Словом, конкурентам не оставлялось никаких шансов на выживание, а если владелец буровой компании отказывался ее продать, его заставляли «попотеть», повышая ему цену за перевозку нефти и снижая цену конечного продукта. Когда немец-булочник, снабжавший семью Рокефеллера хлебом, продал свой бизнес и занялся бурением, Рокефеллер купил его заводик и отдал его обратно начальному владельцу с тем, чтобы тот опять занялся хлебопечением *(Ергин, 2009)*. В этом году общая продажа его компании перевалила за 2 млн. долларов. Уже кконцу 60-х годов Рокефеллер аккумулировал финансовые средства, достаточные для того, чтобы избавиться от зависимости от банкиров, финансистов и спекулянтов.

Периодические попытки ограничить добычу неизменно проваливались, поскольку буровики непрерывно открывали все новые месторождения, подрывая всякую стабильность в отрасли. Рокефеллер позже писал, что «Нефтяной район был минным полем для переработчиков». Цены падали до 48 центов за баррель, на три цента ниже стоимости питьевой воды в Нефтяном районе *(Ергин, 2009)*.

Рис. 2.3.9. Джон Д. Рокефеллер. Основатель Стандард Ойл. Из Рокфеллер, Джон Дэвисон.

В 1872 году Рокефеллер захватил контроль над большей частью нефтеперерабатывающих заводов. В феврале 1872 года железнодорожные компании внезапно подняли тарифы на перевозку сырой нефти по железным дорогам в Нью-Йорк.

Был распущен слух, что за этим стоит Рокефеллер, прикрываясь никому не известной «Саут импрувмент Компани». Имя этой компании стало символом попыток добиться монопольного контроля над рынком. Питтсбургская газета в конце февраля писала, что в результате останется лишь один покупатель нефти на весь Нефтяной район. В оперном театре Тайтусвилля собралось более трех тысяч человек с лозунгами, разоблачающими «монстра» и «сорок воров». Все эти события получили название Нефтяной войны. Объединенные борьбой с монополией, нефтедобытчики бойкотировали переработчиков Стандард Ойл. В итоге нефтеперабатывающие заводы этой компании в Кливленде (штат Охайо), обычно нанимавшие 1200 человек, едва могли обеспечить работой 70 человек.

В феврале 1865 года в Кливленде (штат Охайо) состоялся частный аукцион, решивший судьбу одной из самых крупных нефтеперерабатывающих компаний. Участвовали в

нем два старших партнера – Морис Кларк и Джон Рокефеллер. Начальные ставки равнялись 500 долларов, но быстро росли и скоро достигли 72 000 долларов. На этой отметке Кларк остановился и стал угрожать расторжением договора о партнерстве. Но Рокефеллер не стал возражать и поднял ставку до 72500 долларов. Тут Кларк сдался. Рокефеллер создал компанию Стандард Ойл (ее воспреемником сегодня является Экссон Мобил, крупнейшая в мире по капитализации компания). В соответствии со своим названием, компания установила жесткие и надежные стандарты качества нефтепродуктов. Это означало, что им отвечала каждая банка керосина. Компания гарантировала, что она не взорвется в руках покупателей. Система распределения нефтепродуктов, введенная Стандард Ойл, стала важнейшим достижением профессионализма в бизнесе *(Малкова, 2006)*.

Первейшей предпосылкой успеха является создание организационной инфраструктуры нефтедобычи, обеспечивающей стабильность рынка.

Важнейшая роль крупных нефтяных компаний в развитии нефтедобывающей промышленности была учтена. В новых районах создаются новые крупнейшие нефтяные компании – Стандард Ойл оф Калифорния (прямая аналогия Рокефеллеровской Стандард Ойл оф Нью Джерси), в Техасе – Тексако. Прямым продолжателем дела Англо-Персидской нефтяной компании стала Арамко, совладельцем которой становится Саудовская Аравия.

В 1928 году для устранения влияния на рынок конкуренции между Стандард Ойл оф Нью Джерси и Ройал Датч Шелл в шотландском городе Ахонкарри было заключено неформальное соглашение, предусматривающее сокращение добычи нефти в соответстви с тенденциями спроса на нее. В картель Ахонкарри вошли семь крупнейших англоамериканских нефтяных компаний. В 1950 Энрико Маттеи, глава итальянской государственной нефтяной компании ЭНИ, назвал эту группу компаний «семь сестер». В 1975 году британский писатель Энтони Сэмпсон взял это определение для описания темного нефтяного картеля англосаксонских компаний, пытающегося устранить конкурентов и контролировать мировые запасы нефти. С 1954 года и по 1970 год группа контролировала 85 % всех мировых запасов нефти. В последние десятилетия доминирование этих компаний уменьшилось из-за влияния картеля экспортеров нефти ОПЕК. Маттеи также стремился добиться членства в картеле итальянской АДЖИП, но был отвергнут. Недаром гибель Маттеи в авиакатастрофе объяснялась местью нефтяного картеля (семи сестер…).

Проведение поисков месторождений углеводородов – дорогой бизнес, требующий больших начальных инвестиций и, главное, подготовленных технических кадров. Ни того ни другого нет у так называемых «развивающихся стран». Поэтому они изначально попадали в кабальную зависимость от развитых империалистических держав и транснациональных монополий. Да и не было у правителей ближневосточных государств (как и у правителей нынешней России) желания развивать современную экономику и диверсифицировать ее. Национализация нефтяных богаств стала знаменем националистических движений во всех странах. В итоге была создана серия государственных нефтяных компаний. Максимум, на что могли пойти владельцы в соответствии со своей ментальностью – строительство бетонных чудес современной архитектуры, своего рода аналогов дворцов из сказок «тысячи и одной ночи». Зато обычным делом была агрессия с целью захвата соседних малых государств, обладающих большими запасами нефти. Тут надо отметить две агрессии Ирака против Кувейта: в 1961 и 1990 годах. Первая была отбита британским военным контингентом, вторая – американской армией в ходе «войны в Заливе» *(Вернета, Блог им. Mr.White)*. Характерно, что защитниками Кувейта в обоих случаях явились колонизаторы.

Мировая гонка за нефтью. Иран и Ближний Восток

Безостановочно растущий спрос на нефть и нефтепродукты создал обстановку постоянного поискового бума новых источников нефти. В США вслед за Пенсильванией крупнейшим нефтепроизводящим штатом становится Калифорния, а следом за ней – Оклахома. И, наконец, главным поставщиком нефти стал Техас. Открытое в 1901 году месторождение Бомонт стало самым продуктивным в мире *(История Техаса)*. Много позже, в 1969 году, была открыто крупнейшее месторождение нефти на берегу Северного Ледовитого океана на Аляске *(Нефть Аляски и трансаляскинский нефтепровод)*.

В России первым, после Баку, нефтепроизводящим районом стал Северный Кавказ. Потом пришла очередь Прикаспийской низменности. И, наконец, вершиной стала разведка нефти в Заволжье, в районе получившим название Второго Баку. Это была нефть, обеспечившая индустриализацию страны. В 60-е годы XX века – новое крупнейшее открытие – Западно-Сибирская нефтеносная провинция.

Растущая потребность в нефти изначально толкала на поиски нефти в слаборазвитых странах. Первыми странами такого рода в 1900 году стали Индонезия (остров Суматра), Румыния. В 1924 году начаась добыча нефти в Мексике, Тринидаде, Венесуэле и Иране. В этот период нефть становится мощным политическим оружием. Еще памятна история создания ОПЕК и арабского нефтяного эмбарго 70-х годов XX века. Нефть стала основой экономики диктаторских и авторитарных режимов от Ирана и Саудовской Аравии до Венесуэлы и России.

Ниже мы обратимся к вопросу о поисках и освоении нефтяных месторождений в Иране и Саудовской Аравии.

После многих лет упорных поисков в 1908 году большая нефть была открыта в Персии. Для разработки этих богатств была основана Англо-Персидская (с 1935 года – Англо-Иранская) компания. Успех компании был огромен, на улицах выстраивались очереди желающих купить ее акции. Но к 1914 году она стала испытывать финансовые трудности. Компанию спас У. Черчилль. Он понял, что нефть представляет собой стратегическое сырье, необходимое для сохранения мощи Британской империи, и убедил кабинет купить значительный пакет акций. В 1917 году глава компании Чарльз Гринуэй поставил задачу превратить компанию из поставщика сырой нефти в компанию полного цикла. В 1916–1917 годах более 80 % активов компании приходилось на стоимость месторождений Персидского залива, в 1917 году, по инициативе Гринуэя, компания приобрела у Британского правительства одну из крупнейших систем бензоколонок, принадлежащих компании Бритиш Петролеум. В итоге в следующем финансовом году половину основного капитала Бритиш Петролеум компании составляла стоимость танкеров и системы продажи нефтепродуктов и она воистину стала компанией полного цикла. Для иранцев компания была символом английского империализма, выкачивающего национальные богатства Ирана. В 1951 году премьер Ирана Мосаддык убедил меджлис национализировать компанию. В итоше нефтеперерабатывающий завод в Абадане был закрыт. Доходы от нефти не поступали в течение двух лет, и все технические специалисты уехали из страны. Вслед за этим Англо-Иранская нефтяная компания и иранская нефть подверглись международному эмбарго. С целью возврата иранской нефти на международный рынок госдепартамент США предложил создать консорциум нефтяных компаний. В него входили все компании-участницы картеля Ахонкарри. В1952 году Моссадык был смещен. Урок был усвоен, и стороны сели за стол переговоров. В 1954 году компания была переименована в Бритиш Петролеум. Лондонская Файненшл Таймс ввела термин «новые семь сестер», куда вошли крупнейшие национальные нефтяные компании и уцелевшие к этому времени компании супергиганты – составляющие старых «семи сестер».

Первые соглашения о сотрудничестве американских нефтяников с саудовцами относятся к 1933 году, когда было заключено концессионное соглашение между Стандард ойл оф Калифорния и правительством Саудовской Аравии и образована совместная компания «Калифорнийско-арабская Стандард ойл компани». Первая нефть была обнаружена в 1935 году. Шесть скважин прошли мимо будущего месторождения Дамман. Седьмая вышка на глубине 1400 метров подсекла пласт и начала фонтанировать сырой нефтью в объеме 1 585 баррелей в день. Через три недели дебит скважины возрос до 3810 баррелей в день. С 1944 года эта компания стала называться Арамко и результатом ее работы стало открытие серии сверхбольших месторождений легкой аравийской нефти. Сверхкрупное месторожение Эль Гавар (Король) было открыто в 1948 году и введено в эксплуатацию в 1951 году. Его извлекаемые запасы составляют по разным оценкам от 8 до 12 млрд. баррелей. До 1944 года скважина № 7 выдала 32.5 миллионов баррелей нефти. Для сравнения укажем, что продуктивная скажина в формации Баккен на территории США выдает в среднем 100 баррелей в день, а крупными считаются месторождения с запасами 50 – 100 млн. баррелей. Саудовские нефтяные поля сконцентрированы на небольшой территории и вблизи морских торговых путей *(История и разоблачение саудовского чуда)*.

Нефть под морским дном

Но эксплуатация нефтяных месторождений в слаборазвитых странах осложняется политической нестабильностью и широко развитой коррупцией. Поэтому еще на самом раннем этапе истории поисков нефти начались интенсивные поиски нефти на морском дне. Первые подводные скважины были пробурены в начале века на Биби-Эйбатском месторождении близ Баку. Сегодня добыча нефти из месторождений на дне моря – рядовое явление. Эстакады, на которых проложены автомобильные дороги к действующим скважинам, уходят в Каспийское море на десятки километров (рис. 2.3.10).

Рис. 2.3.10. Автомобильная дорога на эстакаде, ведущая к нефтепромыслам в Каспийском море в районе Баку.

Была разработана конструкция платформ для добычи нефти в море даже на значительном удалении от берега и в условиях тяжелой ледовой обстановки. Это настоящие современные промышленные базы, каждая из которых обеспечивает работу нескольких буровых. (рис. 2.3.11). Платформы располагаются на полых, бетонных сваях полое пространство нижней части которых используется как хранилище нефти. *Бурение.*

Рис. 2.3.11. Буровая платформа, с которой производится нефтяное бурение при поисках нефти на морском дне. Из File North Sea Oil platform.jpg

В конце XIX века в нефтяной промышленности безраздельно господствовали компании братьев Нобилей, Ротшильда и Рокефеллера. Шанс на успех у новичков имелся лишь на азиатском рынке. Но тут вставала проблема дороговизны перевозки ближневосточной нефти вокруг Африки.

Для того, чтобы начать поиски нефти на морском дне, прежде всего надо было решить проблему морских перевозок.

Проблема была решена Маркусом Сэмюэлем. В 1891 году сын Сэмюэля оказался в Батуми и у него родилась идея наладить транспортировку керосина с Ближнего Востока через Суэц на Дальний Восток, используя танкеры. В 1892 году танкер Мюрэис отправился из России, имея на борту 4000 тонн керосина для Сингапура и Бангкока. С этого началось широкое использование танкеров для морской транспортировки нефти. В 1907 году в пику экспансии Рокефеллеровской Стандард Ойл, путем объединения компаний Ройал Датч Петролеум и Шелл трэйдинг компани, была создана компания Ройал Датч Шелл. Наименование Royal Dutch Shell и логотип компании (красно-желтая ракушка) происходят от названия маленького лондонского магазина, в котором отец Маркуса торговал морскими сувенирами. Сегодня моря бороздят огромные супертанкеры водоизмещением сотни тысяч тонн.

Рис. 2.3.12. Маркус Сэмюэл, основатель Шелл компани.

В Мексиканском заливе возник крупнейший нефтедобывающий район. Бурение на нефть идет на всем протяжении шельфа в заливе от Флориды до Луизианы и Техаса.

Наибольшее значение среди подводных месторождений нефти имело открытие подводных месторождений Северного моря. Поисками здесь занимались компании трех стран – Великобритании, Норвегии и Дании.

Разведка морских месторождений Великобританией началась в 60-х, начале 70-х годов. В 1975 году в британском секторе были введены в эксплуатацию месторождения Аргайл, Фортим, Брент и др., за счет которых Великобритания и вышла на второе место по добыче нефти среди стран Западной Европы (71 % добычи в 1981 году). В 1990 году было разведано и передано в эксплуатацию около 30 месторождений. Ежегодно экспортируется в США и другие страны 51 млн. тонн нефти. Большая часть нефти поступает из фонтанирующих скважин, реже откачивается насосами. Глубина залегания продуктивных пластов колеблется от 2400 до 3000 метров. Нефть имеет высокое качество, характеризуется низким содержанием серы и низкой плотностью. Она добывается с глубин моря свыше 100 метров (до 180 метров) при неблагоприятных климатических условиях и транспортируется по магистральным трубопроводам. Добыча ведется в основном со стационарных стальных и железобетонных платформ. На Аргайле используют плавучую платформу с устьевым оборудованием на дне моря. Добыча природного газа из подводных месторождений британского сектора составляет 19.7 % общей добычи стран Западной Европы. Глубина моря в среднем составляет 150 метров. Протяженность системы трубопроводов с давлением 6.9 Мпа от четырех прибрежных портов приемки газа равна 5600 км. Длина трубопроводов, работающих при более низких давлениях, в 1981 году была равна 226 тысяч километров.

Рис. 2.3.13. Карта действующих нефте- и газодобывающих скважин в британском секторе Северного моря.

Крупнейшим достижением в области поисков подводных нефтяных месторождений было открытие в 1971 году компанией Филипс Петролеум (одной из крупнейших нефтяных компаний мира) на шельфе Северного моря месторождения Экофиск *(Ekofisk)*. Его эксплуатация началась в следующем 1972 году норвежской государственной нефтяной компании Статойл. В 1974 году было открыто месторождение Статфьорд *(Statfjord)*. Уже в 1975 году добыча нефти Норвегией превысила внутреннее потребление и нефть стала одним из основных продуктов экспорта страны.

Норильск и Талнах

Здесь нелишне вставить небольшой абзац о маркетинге Норильских месторождений. Когда говорят об открытии Норильска I, традиционно пишут о провидении Урванцева, верной оценке им геологической природы оруденения. Мало и редко говорят о другом – о маркетинге этого месторождения. А ведь проект продолжения работ в районе Норильска был единодушно отвергнут Геолкомом, в который входили самые авторитетные геологи страны. Денег в стране не было и просить большие по тем временам средства на продолжение работ в Заполярье было рискованно. Вот тут-то Урванцев и проявил истинное мужество и дальновидность и обратился через голову Геолкома к председателю ВСНХ Ф. Дзержинскому.

Он убедил его в выгодности продолжения работ. Вот это был истинный маркетинг! Он то и решил все.

Томтор – маркетинг по-российски

История изучения массива Томтор с самого начала была существенно историей маркетинга связанного с ним сырья. После получения С. А. Гулиным ураганных содержаний редких земель в пробах, взятых на Уджинском поднятии, встал вопрос о том, для чего они нужны, редкие земли *(Гулин и др., 1959)*. Крупнейший в СССР специалист по редким землям А. И. Гинзбург прямо так и говорил: «У нас в стране эти элементы используются в граммах и килограммах, в Америке в десятках и сотнях тонн. Основным поставщиком там является месторождение Маунтин Пасс в Калифорнии. Для чего используются эти элементы, мы не знаем – для выяснения этого вопроса назначена специальная комиссия ЦК партии» (другими словами, все передано для выяснения в КГБ). Впоследствии выяснилось, что они использовались, как присадки к сталям для автомобильной промышленности вместо марганца.

Сложность маркетинга месторождений Томтора связана с его спецификой – комплексным характером минерализации и характером потенциального потребителя редких земель. Высокий спрос на редкие земли связан с необходимостью их для наиболее передовых технологий. На внутреннем рынке России спрос отсутствовал (или был очень низок). Дело осложнилось освоением в Китае крупнейшего месторождения редких земель Баюнь Обо, генетически близкого к Томтору.

На маркетинг томторских месторождений изначально неизгладимый отпечаток наложили несколько факторов: стратегическая значимость их сырья, гигантские масштабы запасов и огромные концентрации полезных компонентов. Дополнительными факторами являлись удаленность района, его расположение в пределах относительно автономной республики Саха (власти которой, естественно, хотели получить свою долю в прибылях от освоения месторождения) и полное отсутствие какой-либо инфраструктуры. Последние два момента резко увеличивали требуемый уровень инвестиций. Наконец, специфика маркетинга состояла в том, что на чистом энтузиазме им занимались А. В. Толстов и я. Мы оба хотели добиться того, чтобы увидеть начало освоения этого гиганта. Оба мы старались сделать все возможное, чтобы увидеть начало разработки месторождения, которое мы подарили Родине, нашего Томтора.

Стратегическая значимость Томторских месторождений давала федеральному правительству свободу налагать запрет на их использование, исходя «из интересов государства». Дважды объявляли аукцион на минеральные права на томторские месторождения и дважды закрывали его безрезультатно – попросту не было достаточного количества желающих принять в нем участие. По неподтвержденным даным считалось, что томторские месторождения надо «придержать» до 2030 года. Но исключительно выгодная рыночная ситуация, вкупе с давлением снизу, сделали свое дело. Слишком велик стал контраст между нищетой обитателей якутской глубинки (улусов) и богатством находившихся тут же месторождений. Никто не мог чувствовать это острее, чем геологи. Но их останавливало чувство, что не они должны решать проблему – ведь все богатства недр принадлежат Родине, а в их сознании она прямо отождествлялась с руководством страны. Аукцион должен был состояться до конца 2013 или в начале 2014 года.

Естественно, что единственное, что мы реально могли делать, это писать к разным лицам и в разные инстанции в надежде пробудить интерес к освоению Томтора. Позднее, как будет рассказано ниже, к нам присоединились Сибирское Отделение РАН в лице директора Института геологии академика Н. П. Похиленко. Я не знаю Николая Петровича Похиленко лично, но был впечатлен двумя его действиями:

он возглавил движение ученых, протестующих против решения правительства о реформе РАН (практическом его уничтожении). Нельзя однако не отметить, что Николай Петрович поднялся до этого шага только после откровенной попытки власти уничтожить фундаментальную науку. Чуть раньше он не счел возможным выступить против тупого запрета на исследовательское бурение на Томторе только потому, что оно нарушает существующие инструкции.

на сайте, посвященном Томтору, я увидел серию своих фотоснимков, отобранных в результате просмотра моих «Штрихов к профессиональной автобиографии», помещенных на моем сайте «Вулканическая геология». Он сумел понять те черты биографии, которые отображены на этих снимках. Это определенно сделано лично Н. П. Похиленко и я очень ценю это внимание.

Аукцион еще впереди, но победитель его уже определен – это российский миллиардер А. Н. Несис, человек, близкий к В. В. Путину по совместному владению акциями Уралкалия, и достаточно много занимавшийся проблемами минеральных месторждений.

Аукцион не состоялся, да и не нужен. Победитель-то определен. А все проектируемые сроки развития Томтора (как и других созидательных проектов) принесены в жертву авантюризму в международной политике и имперским амбициям. А использование томторских материалов для решения фундаментальных проблем наук о Земле – велика нужда! – ведь запасы-то подсчитаны. Самое время поболтать о науке в Сколково.

Изменяющаяся роль геологов на этом втором и решающем этапе открытия месторождений иллюстрируется историей открытия Томтора и связанной с ним минерализации. С. А. Гулин считал, что многочисленные обломки щелочных пород в бассейне Уджи связаны с нижнеюрскими конгломератами. Только открытие самого массива Томтор, установление его кольцевого строения и подтверждение гипотезы о том, что ядро массива сложено карбонатитами, выполненное автором, позволило уверенно прогнозировать наличие тут редкометалльной минерализации, а то, что карбонатитовое ядро Томтора является крупнейшим в мире карбонатитовым телом мира, определило уверенность в огромных, уникальных размерах ассоциированной с массивом минерализации *(Эрлих, 1964, 2012)*.

В период геологической съемки масштаба 1:200000 ведущим для меня фактором, позволившим дать высокую оценку перспективам редкометалльной минерализации Томтора, явилось его сходство с Хибинским массивом Кольского полуострова. После первого года буровых работ главным фактором прогноза явилось, напротив, установление специфики Томтора по сравнению с Хибинами: обнаружение того, что его ядро сложено карбонатитами и карбонатиты составляют очень существенную часть площади массива (на Хибинах количество карбонатитов крайне невелико). Если учесть, что у нас не было ни одной скважины, вошедшей в неизмененные карбонатиты, утверждение о том, что в ядре Томтора располагается самый крупный карбонатитовый массив мира, было чистой воды предсказанием *(Эрлих, 2012)*. В этом отношении можно вполне уверенно сказать, что вывод о наличии у Томтора карбонатитового ядра был «скачком через факты» такого же рода, как предсказание Норильска I, Талнаха и, по-видимому, «Мира».

Составляя список первооткрывателей, руководители АЛРОСы ограничивались теми, кто нашел участок богатых руд Буранный (это ведь и есть месторождение в прямом смысле слова, с подсчитанными запасами). Жаль, что А. Толстов разделил эту точку зрения, хотя сам же упоминал в своих воспоминаниях о том, что шел по нашим следам.

Чувство протеста против именно этого лежало в основе того, что когда А. В. Толстов предложил мне «пободаться с системой», чтобы меня сочли первооткрывателем Томтора (или Буранного – не знаю уж!), я категорически и не раздумывая отказался, сказав, что даже если мне дадут значок первооткрывателя – я верну его. Получать что-либо из рук этих людей я не хочу. Для того чтобы избежать каких-бы то ни было нареканий, руководство

АЛРОСы (со слов А. В. Толстова в его любезно предоставленном мне очерке «Геологи Эбеляха», *(Толстов, 1999)*, говорит о том, что первооткрывательство признается лишь за теми, кто принимал участие в открытии настоящего месторождения (то есть участка Буранный). Можно подумать, что они (Эбеляхская партия АЛРОСы) сами решили, куда волочь их мощную буровую и землеройную технику, и не использовали работ предшественников. Кстати, в списке «ленинградцев», работавших до А. В. Толстова на Томторе, оказались три совершенно различных человека: С. А. Гулин, впервые обнаруживший редкометалльное оруденение на Удже (см. выше), Э. Эрлих, обнаруживший массив Томтор и его карбонатитовое ядро, и Г. И. Поршнев (просто по должности главного геолога, которую он занял после того, как меня вывезли из поля с инсультом). А ведь А. В. Толстов читал всё, что я писал об открытии Томтора, и, вроде, даже выражал понимание этого. Но таковы «критерии первооткрывательства».

Я могу с удовлетворением отметить, что в последних публикациях А. В. Толстова вопрос о первооткрывательстве был полностью снят. Он четко признал очевидный факт, что редкоземельная минерализация в районе Уджинской антиклинали была обнаружена С. Гулиным в 1958 году, а массив Томтор – год спустя мной. А. В. Толстовым была проведена разведка Буранного участка богатых руд, резервы редкометалльных руд которого составляют не более трети общих запасов массива Томтор.

Все более поздние претензии на предсказания (научные прогнозы!) о наличии крупнейшего редкометалльного месторождения на Томторе относились к совсем другому компоненту – ниобию. Это в равной мере относится как к геологам Амакинки, так и к С. М. Кравченко, Е. М. Эпштейну и другим научным работникам московских институтов.

Разведочные работы на Томторе Амакинка начала совсем не в результате маркетинга, а потому, что работы на Эбеляхской россыпи были завершены, и там простаивала хорошая буровая и землеройная техника. Но вот и эти работы завершились. Запасы утверждены в высшем органе – ВКЗ (Всесоюзная комиссия по запасам), и перед изумленным взором разведчиков предстало огромное комплексное месторождение с богатейшими содержаниями всего спектра редких земель и ниобия, скандия, тория, фосфора. Решение о его освоении требовало специального постановления правительства России. И если бы такое решение было принято, то для его осуществления нужно было бы достать очень большие деньги и решить, какая организация будет проводить добычу. При наличии денег за вторым бы дело не стало: техника была на месте, метод добычи был предложен в отчете А. В. Толстова по результатам разведки. Но денег у правительства на это не было. Единственным потенциальным источником могли стать иностранные инвестиции. Но всё законодательство об иностранных инвестициях было построено исходя из предположения, что потенциальные инвесторы идут в Россию, чтобы грабить её недра. Вокруг любого аукциона, на котором должен был решаться вопрос, кому дать лицензию на разработку, поднималась псевдо-патриотическая компания в печати. А закон об иностранных инвестициях не давал инвесторам гарантии сохранности основного капитала, и более того – как правило, без разрешения на вывоз прибылей. На такие условия ни одна нормальная компания пойти не могла.

История поисков томторских месторождений очень поучительна. Изначально после работ С. А. Гулина мы ориентировались на поиски лантан-цериевых руд, локализованных в пределах линейных разломных зон длиной 10–15 км и шириной 100–200 метров, расположенных в осевой зоне Уджинской антиклинали. Попытки вскрытия оруденения ограничивались канавными работами (без взрывных работ, вручную). Бурения не проводилось, и минералогия рудопроявлений осталась неизученной. После открытия массива Томтор центр тяжести поисковых работ был перенесен в пределы массива и сосредоточился преимущественно на поисках ниобиевой минерализации. А. В. Толстов считал, что освоение ниобиевых руд Томтора освободит Россию от покупки ниобиевого концентрата за рубе-

жом и, возможно, даже позволит вывозить часть продукции на экспорт. Характерно, что С. М. Кравченко утверждал свой приоритет в научном предсказании именно ниобиевых руд. В ходе разведки был обнаружен участок богатых редкометальных руд совершенно нового типа скандиево-редкометалльно-иттриевые-ниобиевые руды зоны коры выветривания *(Кравченко, Беляков, Кубышев, Толстов, 1990)*. Нельзя не отметить порядок расстановки авторов – вначале С. М. Кравченко и А. Ю. Беляков – работники московского научно-исследовательского института, затем – начальник экспедиции А. И. Кубышев и лишь затем А. В. Толстов, прямо проводивший разведку.

На втором этапе предвыборной кампании 2012 года в США встал вопрос об отсутствии редких земель, жизненно необходимых для американской промышленности. Китай, являющийся монополистом в этой области, практически прекратил поставку этого сырья на мировой рынок *(Kueppers, 2011)*. Об этом сообщил популярный телеобозреватель Гленн Бек. Было очевидно, что он попросту не знает о реальном распределении запасов редкоземельных элементов. Я немедленно написал ему письмо, где сообщил о существовании Томтора. Ответа не последовало. Он поднял острый политический вопрос – остальное было вне его компетенции. Я передал этот материал Саше Толстову, и мы обсудили положение по электронной почте. При этом мы оба были на связи, обмен посланиями происходил мгновенно, так что сложилось впечатление живого общения.

Главное состоит в том, что если до этого момента мы с Сашей выступали единым фронтом, то в ходе этого второго этапа наши позиции были принципиально различны. Он в идеальном случае в итоге наших действий видел все те же «светлые города мечты», которыми нам морочили голову всю жизнь. При этом он отождествлял Родину с государством, интересы которого, с его точки зрения, совпадали с любым, кому государство припишет Томтор. Трудности в доставании денег для проекта он просто не представлял. Шел Саша обычным для России путем: делал доклады на конференциях о рудах массива Томтор и их маркетинговой оценке, публиковал статьи об этом. Все это в порядке вещей. Плохо другое – он ни слова не сказал мне обо всем этом. Я об этом узнал позже, когда он попросил меня не искать инвесторов на Томтор в США, поскольку это вызовет негативную реакцию у некоей группы, которая «пробивает» освоение Томтора, и заодно помешает ему перейти на работу в Новосибирск.

Мне хотелось помочь американской промышленности противостоять откровенному вымогательству со стороны Китая. И чего уж я, во всяком случае, хотел избежать, так это того, чтобы я выступал как бы в роли гаранта надежности инвестиций, каковым я быть не мог. Мне, скажем мягко, было неприятно думать о том, что людей, поверивших мне, попросту ограбят.

Он полностью согласился с моей оценкой и даже несколько поправил мой текст, скорректировав фактические неточности. Дальше с его стороны последовал важный вопрос: о какой цене идет речь в этом материале: на металлический лантан или его окись. Я ответил почти немедленно, запросив на этот счет поисковик Google. Саша был потрясен этими данными. Я был настолько поражен непосредственностью общения, что даже забыл о принятом для себя решении не вмешиваться более в дела по Томтору. Под влиянием этих чувств я перечислил ему несколько вопросов, при каких условиях можно было бы обеспечить начало организации добычи на Томторе. Как же я был поражен, когда в ответ пришло письмо, заверяющее меня в его, Толстова, верности ГОСУДАРСТВУ, которому принадлежит Томтор, и отсутствии намерения уезжать из страны (надо ли говорить, что у меня и в мыслях не было спрашивать об этом). Заодно вдруг говорилось, что он, Толстов, все время прилагает все усилия, чтобы началась разработка месторождения, и главное, что участие иностранцев не нужно и может только испортить дело. У меня было такое впечатление, что письмо было написано как бы при незримом присутствии третьего лица.

Так или иначе, он точно с облегчением вздохнул после того, как я обещал не вмешиваться в дела Томтора и не портить ему жизнь.

В связи с этим надо сделать два замечания:

Как я понимаю, в Саше взыграл «потриотизм» (по написанию одного из героев М. Е. Салтыкова-Щедрина). На эту реакцию накладывалось немаловажное обстоятельство: он рассматривал некую возможность перехода в Новосибирск, связанную, как он заметил, с «продвижением Томтора».

Саша, безусловно, внимательно следил за рыночной ситуацией, как он ее понимал, но был абсолютно не в курсе того, что происходит в реальности. Информация, содержащаяся в заметке корреспондента Reuters о тенденциях рынка, была совершенно ему неизвестна. Здесь точно сказалась та разница в представлении о маркетинге, о которой говорилось в начале этой главы (маркетинг добываемого продукта вместо маркетинга месторождения как такового).

Самое интересное, что весь этот разговор не имел под собой никакой реальной основы. Толстов, со своим искренним и наивным патриотизмом надеялся на то, что Томтор (с его помощью) приглянется кому-нибудь из российских «олигархов». Я, насмотревшись американских телепрограмм, всерьез уверовал в то, что промышленность США нуждается в редкоземельном сырье и ей действительно надо помочь, обратив ее внимание на Томтор.

Я, конечно, не знаю мотивов его порывов, но надежда на то, что русский капитал освоит Томтор, по меньшей мере, наивна. Как говорилось в начале этого раздела, все доказательства выгодности разработки богатств Томтора на фоне отсутствия в стране рыночной экономики были не более чем сотрясением воздуха и выглядели как своего рода заклинание духов.

Но и с американской стороны дело выглядело не лучше. В отличие от Толстова, я прекрасно знал, как тяжелы на подъем крупные американские компании, особенно такие огромные, как Де Бирс или вполне подобный ему Моликорп *(Molycorp)*, полностью контролирующий мировой рынок редких земель. Я был под впечатлением от неоднократных высказываний, что называется, «на самом высшем уровне», в телевизионных программах о том, что промышленность США очень нуждается в редких землях. Речь шла об очень серьезных вложениях: большие десятки или первые сотни миллионов долларов.

Корпорации типа Моликорп считают себя самодостаточными, и для общего разговора с ними нужны серьезные рекомендации, которых у меня, естественно, не было.

Что можно ожидать от компании, которая на своем официальном сайте прямо извещает, что она не нуждается в чьих-либо идеях. Этой уверенностью в своей самодостаточности веяло от фотографии ультрасовременного многоэтажного здания, занятого под денверский офис компании и расположенного в престижном районе Денвера. Тут же помещался список оффисов компании в самых разных районах мира, начиная от Сингапура. Да и ехать в Россию при нынешнем состоянии здоровья у меня не было ни сил, ни желания.

Тем не менее, я дважды посылал письма в Моликорп, уверяя, что сведения о Томторе, базирующиеся на материалах, суммированных агентством Reuters, не верны, и предлагал представить им материалы, базирующиеся на результатах разведки на Томторе. Ответа оба раза не последовало.

Вот на этом-то фоне, чтобы сдвинуть работы на Томторе с мертвой точки, я и обратился с письмом к академику Н. В. Соболеву, долгое время бывшему директором Института геологии и минералогии СО РАН. Мне приходилось сталкиваться с ним по работе во время Тихоокеанского конгресса в Японии в 1966 году, во время конференции в Боулдере, США и на международной кимберлитовой конференции в Виктории (канадская провинция Британская Колумбия) в 2001 году. Он производил впечатление открытого человека. искренне заинтересованного в научных исследованиях.

Приводимый ниже рассказ во многом основывается на тексте этого письма. Главным мотивом моего обращения к Н. В. Соболеву было то, что находка уникального геологического объекта всегда дает огромный материал для научных исследований в области наук о Земле. Подтверждением этого является тот факт, что не одно поколение советских геологов выросло на материале Хибин и Ловозерья. Сегодня равноценным им объектом, вне всякого сомнения, является массив Томтор (Якутия). Ядро массива слагает крупнейшее в мире тело карбонатитов, с которым связано уникальное по запасам и содержаниям месторождение редких земель и редких металлов. Исследование минералогии этого уникального объекта, безусловно, может дать огромный материал для фундаментальных исследований в области наук о Земле. Обнажения на массиве практически отсутствуют. В то же время близ массива сосредоточена мощная буровая техника, принадлежащая концерну АЛРОСа. Сейчас она стоит без дела. Так что при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) можно было бы за относительно небольшие деньги пробурить несколько скважин, которые дали бы Институту геологии СО РАН единственный в мире материал для исследования проблем, связанных с минералогией карбонатитов. Я не хотел как-то определять тематику и задачи проекта. Могу с уверенностью сказать, что национальный научный фонд США (NSF) был бы рад поучаствовать в проекте такого рода как на основе сотрудничества в проведении редких типов анализов, так, может, и денег.

Я думаю, что проведение специализированных фундаментальных исследований поможет поставить в правильный контекст проблему металлогенической оценки массива. До сегодняшнего дня все внимание было сосредоточено на оценке и подсчете запасов одного наиболее богатого участка в корах выветривания в центральной части массива (участок Буранный), и в связи с этим полностью игнорировались общие проблемы рудообразования, связанные с его карбонатитовым ядром. Если, что неизбежно, учитывая огромность запасов и неслыханное богатство содержаний, в недалеком будущем начнутся работы по добыче редкоземельного и редкометалльного сырья, это может привести к тому, что эти важнейшие проблемы останутся без должного внимания.

Несомненно, неоценимую помощь в производстве бурения и оценке его результатов может оказать главный геолог Мало-Ботуобинской экспедиции концерна АЛРОСа академик РАЕН А. В. Толстов, руководивший разведкой на участке Буранный и лучше чем кто-либо знающий местные условия. Копию письма я послал Саше. Он в выработанной им лапидарной манере ответил, что письмо «принял к сведению».

Коля (академик Н. В. Соболев) прислал хороший и теплый ответ. Писал, что они и сами думали о том же, и вопрос, конечно, «нуждается в проработке».

Впереди еще большой путь, но я теперь знаю, что сделал все от меня зависящее. Один результат эта переписка уже дала: А. В. Толстов переведен в Новосибирский Академгородок. От души рад за него. Из всей этой Амакинской компании он, видимо, из самых лучших. А уж то, что он будет незаменим в любых работах по Томтору – это уж точно! И первый результат уже последовал – он (Саша) послужил посредником между Н. П. Похиленко и прездентом республики Саха. Непосредственно перед этим вышла совместная статья Н. П. Похиленко и А. В. Толстова о редкометалльных рудах Томтора *(Похиленко, Толстов, 2012)*. Принципиальное решение о постановке научно-исследовательской тематики по исследованию геологии, петрологии и рудоносности Томтора было принято. Но денег на это федеральное правительство России не дало. И как же я был поражен, когда увидел, что на меня смотрят в основном как на добытчика денег из американских фондов на научно-исследовательские работы. Вот на этом фоне я и написал и отправил А. В. Толстову статью с изложением моей точки зрения на проблематику. Так и не знаю, прочел ли А. В. Толстов статью и что он думает об изложенных там идеях. Его самого в это самое время гоняли по командировкам в надежде получить деньги на договорные работы. Специфика моего подхода состояла в использова-

нии не только данных по массиву, но и по Уджинской антиклинали в целом. Параллельно статья была опубликована в интернете.

Пемзы Ильинского месторождения (юг Камчатки). Два типа маркетинга

Ильинское месторождение пемз на Южной Камчатке описано в общих чертах в главе 1.1. Приводимый ниже материал характеризует два подхода к маркетингу этого гиганта. На их примере хорошо видно, во что упираются проблемы маркетинга. Огромный масштаб месторождения, и в то же время характер залегания пемз прямо на поверхности, исключают необходимость подсчета запасов. При этом сколько-нибудь значительная потребность в большом объеме в связи с небольшими мощностями строительной индустрии Камчатки отсутствует.

Естественным потенциальным потребителем пемз района Курильского озера является Япония, но разработка месторождения может стать рентабельной только после постройки терминала-порта на восточном побережье Южной Камчатки, специально приспособленного для погрузки пемз на суда.

На пути осуществления этого, казалось бы, взаимовыгодного для обеих стран проекта встают политические препоны, связанные с оккупацией Россией Южных Курил и общей неприязнью к иностранным инвесторам, сочетающиеся с огромной и общепризнанной нуждой в иностранных инвестициях для развития горнорудной промышленности России. На это накладывается истерический национализм с соответствующими кампаниями в печати, подогреваемыми разговорами о том, что иностранцы хотят разграбить национальные богатства России, в частности, ее недра. Все развивается буквально по тому же сценарию, что и в алмазных месторождениях Архангельска или на Томторе. Тут, как мне кажется, сказывается полное непонимание того, что источником прибыли государства от эксплуатации месторождений минерального сырья являются налоги. Но когда месторождение уже освоено, то налогообложение по российскому законодательству так велико, что российские золотодобывающие компании в Магадане и Хабаровске жаловались, что в связи с непомерным налогообложением разработка месторождений нерентабельна. А ведь налоги на совместные предприятия (российские с западными инвесторами) еще и того больше.

Пример творческого подхода к маркетингу нерудного сырья дает выдающийся российский петролог В. В. Наседкин. Это звучит странно по отношению к ученому, которому недавно исполнилось 80 лет, но В. В. Наседкин всегда проходил в академическом ИГЕМе, как представитель молодого поколения. Он был учеником и сотрудником В. П. Петрова, отвечавшего в институте за изучение всех месторождений нерудных полезных ископаемых. Непосредственным предметом его научных интересов были водосодержащие вулканические стекла – перлиты, с нагреванием которых связаны экзотермические эффекты. Возможно, что именно это обусловило прямое обращение Василия Викторовича к термическим условиям образования вулканических стекол. Одновременно он был хорошо знаком с проблемами применения пемз в строительстве. Все материалы о деятельности В. В. Наседкина по маркетингу основаны на рассказе Т. Н. Соловьевой, много лет работавшей с Василием Викторовичем.

Наверное, поэтому В. В. Наседкин стал единственным из многочисленных визитеров района Курильского озера на Камчатке, кто смог оценить то, что пемзы района представляют собой уникальное месторождение этого вида природного сырья. Пемза эта чистая, лишенная посторонних включений. О чистоте пемз дает некоторое представление фотография обнажений пемз знаменитых «Кутхиных батов», расположенных в устье реки Озерной. Пемза этих обнажений, по всей видимости, связывается с одним из заключительных этапов фор-

мирования кальдеры Курильского озера *(Белоусов, Белоусова, 1990)*. «Кутхины баты» считаются памятником природы и включены в заповедную зону, чего нельзя сказать о пемзах, образующих упомянутое месторождение.

Надо ли говорить, что «первооткрывательство» оформлено не было (да В. В. Наседкин и не был им). В соответствии с существующими правилами месторождения вообще не существовало, поскольку разведка не была проведена, а запасы не были подсчитаны.

Признанный специалист по разного рода нерудным полезным ископаемым, В. В. Наседкин широко известен за пределами России. Неудивительно поэтому, что он руководил проведением двух международных конференций по изучению месторождений нерудных полезных ископаемых, на которых хозяева месторождений представляли свои материалы потенциальным инвесторам.

Характерно, однако, что при большом интересе с обеих сторон ни одно совместное предприятие в итоге этих встреч создано не было. Единственным результатом явилось заключение договоров о совместных работах.

Рис. 2.3.14. В. В. Наседкин – петролог, проведший маркетинг Ильинского месторождения пемз на Южной Камчатке. На фото – справа. Слева руководитель лаборатории экспериментов под большим давлением Института физики Земли доктор геологических наук Ю. С. Геншафт. Фото из архива Т. Н. Соловьевой.

Литература

Академик А. Н. Крылов «Мои воспоминания». Служба в Нефтесиндикате. Постройка танкеров.

Алмазная биржа Израиля.

Текст цитируется по книге: Эдвард Эрлих, 2006, «Месторождения и История». Издательство Петербургского политехнического университета, 172 с.

Баскина В. А. 2001, О геологе Наталье Кинд. Природа, № 6, Книга памятиM. Hart, 2001, Diamond. A journey to the heart of obsession. Penguin Viking, 276 p.

Все данные о результатах суда в России и последующих событиях цитируются по интернетному русскоязычному изданию Gazeta.ru.

Масайтис В. Л., 2005, Где там алмазы? (сибирская диамантиада), СПб, Издание ВСЕГЕИ, 216 с.

Analysis: Russia not ready to cover China rare metal gap.

Похиленко Н. П., А. В. Толстов, 2012, Перспективы развития ниобий-редкоземельных руд Томтора. ЭКО, Всероссийский экономический журнал, № 11, стр. 18–28.

Пемза.

Ковалев В. Горнорудный рывок.

Белоусов В. И., Белоусова С. П., 1990, Географическая обстановка формирования вулканогенных пород Курильского озера. Вопросы географии Камчатки, вып. 10, с. 73–80.

Глава 2.4. Научный поиск. Теоретические проблемы

Поиск месторождений составлял лишь часть проводимого геологами поиска. Другой, не менее важной его частью, являлся поиск фундаментальных законов геологического развития нашей планеты.

Одна (среди многих других!) из замечательных черт профессии геолога состоит в том, что она дает возможность сочетать практическую работу по поискам месторождений полезных ископаемых с исследованием наиболее фундаментальных закономерностей развития нашей планеты. Я всегда старался по мере сил в полной мере использовать эти возможности. Сфера моих научных интересов всегда охватывала широкий круг вопросов соотношения тектоники и магматизма, включая закономерности структурной локализации магматических проявлений, петрохимию вулканических пород, закономерности распределения магматизма во времени.

Идентичность процесса находки месторождения и научного открытия достаточно очевидна. В конце концов, в обоих процессах геолог ведет поиск и, если все благополучно, «находит». Мотивация обоих процессов также идентична: стремление познать природу, открыть ее тайны, будь то месторождения или закономерности природы. Неразрывность связи обоих процессов особенно наглядно выступает на примере поисков алмазных месторождений.

Эта двойная природа геологических наук дала мне возможность систематически менять объекты работы, переходя от геологической съемки к теоретическим вопросам развития древних платформ и рассмотрению закономерностей пространственной локализации и распределению во времени кимберлитового и карбонатитового вулканизма, и от закономерностей вулканизма островных дуг и сходных с ними геотектонических систем возвращаться к поискам редкометалльной минерализации на массиве Томтор. И, наконец, когда дальнейшие полевые работы стали для меня невозможны по состоянию здоровья, – к истории поисков и освоения месторождений минерального сырья.

Так что сейчас, глядя ретроспективно на свою профессиональную биографию, я вижу ее как своего рода гармонику, характеризующуюся систематическим изменением объектов при постоянстве характера исследований и поиска.

Говоря о единстве процесса поиска месторождений и закономерностей в области наук о Земле, надо помнить о том, что сама геология, как наука, рождалась из потребностей практики. Именно потребности рудокопов Рудных гор и систематизация приобретенных навыков привели к созданию науки Минералогии. Создателем ее стал Георг Бауэр (т. е. крестьянин), известный под латинским псевдонимом Агрикола (в примерном переводе с латыни «сельхозник».

Рис. 2.4.1. Портрет Георга Бауера – Агриколы (1494–1555) – создателя науки минералогии, автора труда «De re metallica», 1530. Agricola.

В эпоху, когда любые сведения о геологии и минералогии рудников, и тем более технике горного дела и металлургии, были секретом гильдий и тщательно охранялись, книги Агриколы стали основным источником знаний по этим предметам. Подробнее о нем сказано в Гл. 1.7.

Пройдет около 200 лет, и русский студент М. В. Ломоносов на производственной практике на рудниках Саксонии освоит эту науку и перенесет ее на Урал, дав начало российской геологии. Точно таким же образом и в другой стране, Британии, 200 лет спустя потребности строителей каналов привели к созданию основ современной стратиграфии и первой в истории геологической карты *(Эрлих, 2006, 2012)*.

Точно таким же образом и в другой стране, Британии, 200 лет спустя потребности строителей каналов привели к созданию основ современной стратиграфии и первой в истории геологической карты *(Эрлих, 2006, 2012)*.

Вильям «Слой» *(Strata)* Смит (1769–1839) – сын происходившего из семьи фермеров кузнеца, самоучка, работавший с геодезистами на прокладке каналов для подвоза угля к металлургическим заводам. Создал принципы геологического картирования и основы современной стратиграфии. В 1815 году издал первую геологическую карту Англии, Уэльса и части Шотландии. Издал труд «Слои, определяемые по организованным ископаемым (1816–1819)», ставший основой новой науки – стратиграфии. За что и получил прозвище «страта» (слой).

Рис. 2.4.3. Уильям «Слой» Смит. (1769–1839). «Отец английской геологии», создатель первой в мире геологической карты

Его работы были жертвой плагиата, он разорился и провел несколько лет в долговой тюрьме. Лишь в 1831 году Лондонским геологическим обществом ему была присуждена медаль Волластона. Он стал общепризнанным «Отцом английской геологии», его мраморный бюст установлен в музее естественной истории Оксфордского университета. Так, в мраморе, а не в названиях улиц! человечество должно воплощать образы тех, кто создает науку и открывает богатства Земли *(Simon Winchester, 2009)*.

Рис. 2.4.4. Мраморный бюст Вильяма Смита в Музее естественной истории Оксфордского университета. После долговой тюрьмы – запечатлен в мраморе!

Создание геологии как науки стало возможным в середине XIX века после разработки шотландцем Чарльзом Лайеллем метода актуализма, легшего в ее основу. Лайелл ввел в обращение понятие длительного или геологического времени.

Рис. 2.4.2. Чарльз Лайелл (1797–1875). Создатель принципа актуализма, лежащего в основе современной геологии и введший понятие геологического времени. (Geologist Charles Lyell)

В XIX веке эмигранты из Саксонии начнут разработку серебряных месторождений Скалистых гор на юго-западе штата Колорадо и тем самым разработку минеральных богатств Американского Запада. В конце XIX века почти одновременно в разных странах Европы и Америки стали создаваться горные школы, для того чтобы готовить кадры геологов – специалистов по изучению рудных месторождений. В России школа изучения рудных месторождений была создана уже на сходе этой волны, когда К. И. Богдановичем в Петер-

бургском Горном институте была основана кафедра месторождений полезных ископаемых. Об этом замечательном человеке см.*(Эрлих, 20014)*.

Стремление к познанию общих законов геологического развития проявлялось на всем протяжении истории геологических наук. В основе работ по фундаментальным закономерностям в области наук о Земле лежало обобщение огромного количества эмпирических данных.

Именно поэтому даже на заре представлений о геологическом строении Земли, когда даже топография ее поверхности была не до конца расшифрована, появляется планетарное обобщение строения Земли. Познание физики недр находилось еще в зародышевом состоянии, но делались первые попытки планетарных обобщений.

Рис. 2.4.5. Создатель первой сводки о геологии планеты Земля – австриец Э. Зюсс (1831–1914). Автор капитального трехтомного труда «Лик Земли (Das Antlitz der Erde, 1883–1888), впервые давшего общую картину развития геологии планеты.

Начало XX века ознаменовалось появлением канона Штилле, установившего пульсационный характер геологических процессов. В этот же ранний период складывается и метод познания: через детальные и тщательные наблюдения к широким обобщениям, созданию моделей и гипотез, восполняющих недостаток описательного материала построениями моделей, перешагивающих через пробелы в знаниях. Выведенный на основе данных биостратиграфии «канон Штилле» был блестяще подтвержден всей совокупностью многочисленных радиометрических датировок и стал одной из основ наук о Земле.

Рис. 2.4.6. Ханс Вильгельм Штилле (1876–1966). Создатель «канона Штилле, определившего ритмы развития Земли и ставшего одной из основ современной геологии. Штиле. Словари и энциклопедии на Академике.

Из этой же потребности в обеспечении нужд строительства (на этот раз – железных дорог) выросла и российская геологическая школа, воплотившаяся в основании в 1881 году Геолкома. С деятельностью этой организации связаны легендарные имена Георга фон Гельмерсена, И. В. Мушкетова, В. А. Обручева, К. И. Богдановича.

Исследования 30-х годов XX века привели к пониманию геологического развития, глубинного строения и геодинамики островных дуг. Одним из важнейших итогов описания этих геотектонических систем было получение геодинамических характеристик, которые можно приложить к тектоническим системам геологического прошлого, давая новую основу приложения принципов метода актуализма, лежащего в основе наук о Земле.

Середина XX века стала последней по времени эпохой Великих географических открытий, когда были исследованы черты глобального рельефа Земли (в частности, рельеф ложа мирового Океана). Важным отличием этой эпохи явилось сочетание изучения рельефа основных элементов планеты с геофизическими данными об их глубинном строении и геодинамическими характеристиками. Это открывало возможность перенесения полученных геофизических характеристик в геологическое прошлое. Так в 30-х годах были описаны системы островных дуг, а позднее, – в 60-е годы, – глобальная система срединно-океанических хребтов.

Главной тенденцией современных наук о Земле является использование геофизических данных для реконструкции преобразования глубинного строения в ходе тектонических перестроек. Поэтому галлерея создателей современной геологии будет неполна, если не поместить здесь портрет замечательного голландского геолога Р. В. Ван Беммелена (Reinout Willem van Bemmelen). Многолетний руководитель геологической службы голландской Ост Индии, он был заключен японскими оккупантами в концлагерь, но значение его работ было так велико, что тюремщики ему единственному позволили заниматься в лагере профессиональной работой. Здесь, в концлагере в 1941 году был закончен его капитальный труд «Геология Индонезии». Книга была издана в Голландии в 1949 году и вышла в русском переводе в 1955 году. Он синтезировал данные сейсмологии, измерения поля силы тяжести и химизма вулканических пород. Он развил теорию подкоровых течений, преобразующих состав глубин Земли *(ван Беммелен, 1955)*. Результат их действия проявляется на поверхности в виде извержений вулканов. Его работы стали основополагающими для понимания динамики развития островных дуг, используемой во всех тектонических теориях.

Рис. 2.4.7. Выдающийся голландский геолог Виллем ван Беммелен. Reinout Willem van Bemmelen – Wikipedia

Все это создало новую основу для понимания планетарных законов геологического развития Земли. Так возникло несколько моделей, каждая из которых использует фундаментальные явления, предлагающие существенные элементы геологических процессов. В каче-

стве таковых можно назвать подтверждение на новой методологической основе (радиометрическим датированием) пульсационного характера жизни недр нашей планеты, попытки осознать закономерности пространственной локализации тектонически подвижных поясов и влияние ротационных процессов. Из всего этого родились общие концепции геодинамики, в частности, теория «тектоники плит», идея пульсационного развития глубинных процессов мобильных поясов.

На новейшем этапе середины XX века такую же роль играли многочисленные обобщения региональных данных и сводки по различным вопросам геологических наук. Для меня аналогом монографии Э. Зюсса в этот период явилась геологическая карта Тихого океана и стран его обрамления, составленная под руководством и общей редакцией Л. И. Красного.

Наука – это прежде всего Большие Ученые.

Творческая судьба ученых-геологов, работавших в институтах министерства геологии СССР, была сложной. Ярким примером может служить один из крупнейших мировых тектонистов Лев Исаакович Красный. Выдающийся исследователь геологии советского Дальнего Востока, автор многочисленных геологических и тектонических карт, в том числе первой в мировой практике геологической карты Тихого океана и стран его обрамления, автор прогноза сульфидных месторождений олова Сихотэ-Алиня, автор теории геоблоков, противостоящей идее плейт-тектоники, он добился признания лишь в конце своей долгой жизни. Я глубоко благодарен Льву Исааковичу за то, что он оказал мне честь участвовать в составлении карты в части, касающейся молодого вулканизма.

Рис. 2.4.8. Выдающийся российский тектонист Лев Исаакович Красный, исследователь геологии Дальнего Востока России, автор многих геологических и тектонических карт, включая первую в мире геологическую карту Тихого океана и стран его обрамления. По его прогнозам были открыты оловорудные месторождения Сихотэ-Алиня.

Необычно быстрое развитие исследований все более затрудняет возможность следить за текущей литературой. Это породило тенденцию к концентрации материалов по рудным месторождениям в возможно меньшем числе печатных изданий. Именно в связи с этим в 1895 году возникает Zeitschrift för praktische Geologie. В 1871 году создается American Institute of Mining Engineers (Американский Институт Горных Инженеров) и начинает печататься его периодическое издание Transactions of the American Institute of Mining Engineering, а, начиная с 1905 года, начинает издаваться существующий поныне самый известный международный журнал, посвященный рудным месторождениям – Economic Geology.

Принятая в СССР система поисков – через геологическое картирование, означала опору на массовые, чисто технические наблюдения и требовала наблюдательности в противовес профессиональным знаниям, в какой-то мере противостояла принципам Геолкома, где работы проводились небольшим числом специалистов-геологов экстра-класса. Научные

исследования были организационно отделены и сосредоточены в исследовательской тематике институтов (будь то ВУЗы, или НИИ).

Сосредоточение ученых в специальных организациях имело и положительные, и отрицательные стороны. Положительные стороны такой концентрации состояли в возможности создания тонкой аналитической базы и сосредоточения усилий ученых на самых животрепещущих проблемах. Но организационное отделение науки от производства создало в геологии проблему, характерную для всей советской экономики в целом: резкий разрыв между временем появления результатов научных работ и началом применения их на практике – то, что называлось внедрением научных идей в производство.

Грань между так называемой «наукой» и так называемым «производством» в советской системе геологических организаций была четко проведена организационно. Существовали два типа организаций, занимавшихся наукой: с одной стороны, институты, принадлежащие Министерству геологии, которые, как предполагалось, прямо работали на производство. Отдельно отпускались «деньги на науку», отдельно на поисковые работы. С другой, – кафедры учебных институтов и университетов и институты Академии наук, прямо занимавшиеся разработкой фундаментальных проблем в области наук о Земле. Руководство геологическим картированием территории одной шестой земной суши осуществлял преемник российского Геолкома, подчиняющийся министерству геологии, Всесоюзный геологический институт (ВСЕГЕИ).

В Институте геологии Арктики (НИИГА), выросшем на материалах геологической съемки больших территорий, наука в основном сосредотачивалась на решении стратиграфических вопросов. Отсюда выросли такие общепризнанные авторитеты, как В. Н. Сакс (стратиграфия мезокайнозойских отложений Арктики), В. Я. Кабаньков (стратиграфия кембрийских отложений). Именно на стратиграфических данных (в частности, на анализе распределения мощностей осадочных толщ) основывались работы по тектонике советской Арктики (И. П. Атласов).

В целом наука в нашем Институте целиком зависела от отношения дирекции, которая решала, кого отнести к «ученым», то есть дать деньги по статье «наука», а кого – прикрепить к производственным партиям. Это она, дирекция, давала (или не давала) целенаправленно работать в избранной области (пусть даже после защиты проекта на Ученом совете). Но в целом нельзя не отметить общую либеральную обстановку, царившую в НИИГА в отношении науки. Исследования молодых геологов здесь всячески поощрялись – по крайней мере, до защиты ими кандидатских диссертаций. Дальше, однако, обстановка в корне менялась.

Это самым губительным образом сказывалось на судьбе ученых относительно младшего поколения. Их включали в темы, руководителями которых были «маститые», в лучшем случае просто ставившие себя соавторами работ, в худшем же случае – налагали запрет на свободные исследования. Судьба двух выдающихся исследователей – В. А. Милашева и Л. С. Егорова – определила исследования в НИИГА в области петрологии кимберлитов и ультраосновных-щелочных пород, с которыми ассоциировались месторождения алмазов, фосфатов и редкометалльных руд. В этих условиях искомый продукт, ради которого и велись исследования, рекомендации по поискам были, по существу, обречены на топтание на уровне 30-х – начала 40-х годов XX века.

И лишь полстолетия спустя я смог сформулировать и высказать свои мнения по общим вопросам тектоники и вулканизма в «Очерках по геологии островных дуг», опубликованных в интернете *(Эрлих, 2012)*.

Что происходило при разделении «науки» и «производства», хорошо иллюстрирует пример того, как дирекция НИИГА пыталась организовать их взаимодействие на материале Уджинской партии, в которой я работал.

Материал Уджинской партии по бурению на Томторе «делился» между учеными, в роли которых выступали Л. С. Егоров и я, причем начальник производственной партии Лев Степанов мог выбирать, с кем ему удобнее сегодня сотрудничать, и выступал в роли Судии. Аналогичная ситуация была и в ходе разведочных работ на Томторе, проводившихся Эбеляхской партией Амакинской экспедиции. Надо отдать должное главному геологу Эбеляхской партии А. В. Толстову, открывшему достаточно широкий доступ к этим материалам сотрудникам столичных институтов. В результате их визитов были проведены многочисленные аналитические работы и создано несколько альтернативных гипотез генезиса сверхбогатых руд Томтора. Однако, А. В. Толстов увы, не удержался от соблазна стать соавтором всех этих публикаций. Не обошлось и без накладок: С. М. Кравченко, а следом за ним и работники столичного ВИМСа заявили претензии на то, что существование богатой редкоземельной минерализации на Томторе было, ни много ни мало, предсказано ими (да и сам массив Томтор открыт их усилиями). Но, с моей точки зрения, такое сотрудничество полностью оправдалось совместными работами А. В. Толстова с крупнейшим специалистом по корам выветривания А. В. Лапиным, давшими наиболее вероятное на сегодняшний день решение вопроса о генезисе сверхбогатых редкометалльных фосфатных руд Томтора *(Лапин, Толстов 1993)*.

Пример моей ситуации на работе в НИИГА достаточно типичен для молодых геологов конца 1950-х – начала 1960-х. В это же время практически перестали работать мотивационные стимулы и для ученых старшего поколения. Организационная система застыла, и стремиться было некуда. Показателем безнадежности ситуации было то, что именно в это время Правительство СССР приняло решение о «сдвиге науки на Восток», создании Сибирского отделения АН СССР с выделением дополнительных средств на исследования, строительство академгородков, увеличение объема публикаций. Ниже приводится цитата из моего очерка «Пропущенная глава» *(Эрлих, 2009)*.

Отсутствие свободы научного творчества обрекало советскую науку на застой. Творческий поиск трудно (невозможно!) заковать в плановую экономику. Тем более трудно гибко менять структуру коллективного научного поиска. Не помогала даже спасительная способность социалистической экономики единым росчерком пера сосредотачивать все усилия на одном направлении. Столичные институты вполне уподобились пресловутым шарашкам, где трудились ученые-заключенные. Еще в середине 30-х годов П. Л. Капица писал, что «развитие нашей промышленности поражает отсутствием творчества. В отношении прогресса науки мы полная колония Запада… Все обычные заверения, что у нас в Союзе науке лучше, чем где бы то ни было – неправда». Ему вторил выдающийся русский философ М. А. Осоргин (Ильин): «Больше всего поражает научная отсталость; за немногими (прекрасными, изумительными) исключениями русские ученые – типичные гимназисты» *(цитируется по Тополянский, 1996)*.

Именно на этом фоне надо рассматривать решения о сдвиге науки на Восток. Он выразился в создании в Сибири и на Дальнем востоке научных институтов, которым соответствовала серия Академгородков. Как реально протекал этот процесс, описано в моей цитированной выше статье *(Эрлих, 2009)*.

Поскольку рождение алмазных месторождений связано с большими давлениями и температурами и происходит на больших глубинах, именно с алмазными месторождениями связаны наиболее впечатлительные примеры роли, которую научные исследования играли в их открытии (см. главу 1.9). Решающее влияние на открытие алмазных месторождений Сибири оказало признание связи алмазов с кимберлитовыми трубками (а не с интрузиями базальтовой магмы). Осознание этой связи привело к внедрению в поисковой практике метода поиска алмазных месторождений (то есть кимберлитовых трубок) по находкам в шлиховых пробах пиропов и других минералов – спутников алмаза. Метод этот, широко известный в Африке

еще с начала XX века, был применен в условиях Сибири минералогом Всесоюзного геологического института (ВСЕГЕИ) Н. Н. Сарсадских.

Рис. 2.4.10. Сотрудники Центральной экспедиции ВСЕГЕИ, занимавшейся поиском алмазов Сибири и их руководитель Н. Н. Сарсадских (вторая слева в первом ряду) – минералог, добившаяся применения метода поиска алмазов в Сибири по пиропам в шлихах. Благодаря этому открытие кимберлитовых трубок в Сибири стало делом техники. Фото из коллекции А. В. Толстова.

Решение этих, казалось бы, чисто теоретических вопросов открыло абсолютно новые перспективы для поисков алмазных месторождений. Геологи получили точное представление о геологической природе, размере и форме объектов поиска. В итоге геологи стали открывать до одного-двух десятков кимберлитовых трубок за полевой сезон. Глубочайшая инерция, отсутствие мотивации к открытию месторождений, а вовсе не политическая система, стояли на пути обнаружения кимберлитов (т. е. алмазных месторождений). Ранее было описано влияние чисто научных разработок на открытие алмазных месторождений.

В равной мере огромна и регрессивная роль чувствующих свою самодостаточность гигантских монополий, будь то горнорудные компании типа Де Бирс или государственные монополии, осуществлявшие поиски алмазных месторождений, типа Амакинской экспедиции.

Наиболее яркое проявление значимости научных исследований для поисковой практики дает история поисков и освоения алмазных месторождений.

Прямое практическое быстрое применение в практике результатов научных наблюдений впервые сказалось в указании на то, что ниже «синей земли» зоны окисления кимберлитов, служившей основным (и единственным) объектом промывки на трубке Кимберли выше не измененных твердых пород (так называемого «хардебанка»), должен находиться прослой «желтой земли», механически дезинтегрированных, но химически не трансформированных пород, богатых алмазами и легко поддающимися промывке. Именно использование этого наблюдения принесло богатство Барни Барнато (см. главу 1.9).

Прежде, чем рассказать вторую историю, связанную с открытием алмазов в Австралии и освоением трубки Аргайл, надо заметить, что крупные горнорудные и нефтяные корпорации очень быстро начинают чувствовать себя самодостаточными и сокращают активный поиск новых месторождений, уступая эту роль мелким (или относительно мелким) компаниям. К чему рисковать? Гигантские корпорации самодовольны, считая, что МЫ ведь знаем решительно все (и поэтому всегда правы)! Результат, как правило, следует. Широко известно,

что около 60 % новых месторождений нефти открывается компаниями среднего и мелкого размера. Вот на этом-то фоне и случилась скандальная история с австралийскими алмазами.

История открытий алмазов в Австралии в этом отношении одна из наиболее поучительных. Первые алмазы в провинции Новый Южный Уэльс были найдены в речных осадках в 1861 году. В 1869 году в Западной Австралии было найдено 9 алмазов общим весом 1.65 карат. Но настоящая история австралийских алмазов началась с 1936 года, когда геолог Уэйд обнаружил в бассейне Каннин необычные породы и показал их профессору Рейдерзу в Университете Западной Австралии. Они были похожи на породу, описанную в 1871–1872 годах в Скалистых горах Северной Америки, и получившую официальное название «лампроит», которое в 1923 году было введено в петрографическую номенклатуру. Лампроиты во многом сходны с кимберлитами, но место углекислоты, присутствующей в кимберлитах в больших количествах, здесь занимает вода. Соответственно, резко меняется по сравнению с кимберлитами характер вулканических извержений. Лампроитовые лавы растекаются на значительные расстояния, с ними ассоциируются лавовые озера.

В 1976 году в районе Эллендейла и Аргайла (Западная Австралия) алмазы были найдены в похожих на кимберлиты лампроитах. История эта неоднократно описана в литературе. Внимательно следившие за поисками эксперты крупнейшей в мире алмазной монополии Де Бирс заключили, что по совокупности признаков породы этого района не могут быть признаны кимберлитами, а потому и районы не могут считаться перспективными на добычу алмазов. В точности так же, как и в случае с трубкой Мвадуи, Де Бирс не признал своих ошибок.

Проявив большую независимость мышления, австралийские геологи пренебрегли мнением авторитетов и продолжили поиски. Результатом было открытие в 1979 году лампроитовой трубки АК-1 (Аргайл). Разведка и оценка трубки заняла три года. Разработке коренного месторождения предшествовала добыча россыпных алмазов из окружающих рек и ручьев; общий объем добычи составил полтора миллиона карат. С 1983 года началась работа на самой трубке Аргайл, где в 1985 году в эксплуатацию были сданы рудник и обогатительная фабрика. С 1986 по1993 годы годовая продукция рудника выросла с 29 миллионов карат до 40.9 миллиона карат. Начиная с 1994 года, средний объем годовой продукции установился на уровне 35 миллионов карат. В эти годы Аргайл поставлял треть мировой продукции.

История науки

Одновременно важнейшей потребностью является анализ на новой аналитической базе основных положений, лежащих в основе наук о Земле, таких как метод актуализма и канон Штилле. Правильная их интерпретация и сохранение памяти создавших их замечательных ученых исключительно важны, не менее, чем восстановление имен истинных первооткрывателей крупнейших меторождений.

Любимым моим предметом всегда была История. И вот сейчас, на склоне жизни, я нашел поворот этой замечательной науки, прямо сливающийся с моими профессиональными интересами как геолога: как история месторождений минерального сырья, их находки и разработки влияют на Историю Людей, историю человеческого общества. Я написал и издал за свой счет на эту тему небольшую брошюру *(Эрлих, 2006)*. Оказалось (и не могло быть иначе), что крупнейшие научно-технические революции, – такие как техническая революция начала бронзового века, изобретение пороха, индустриальная революция конца XVIII века, теснейшим образом связаны с разработкой минеральных месторождений. В не меньшей степени с открытием месторождений связаны и огромные по масштабам и последствиям миграции населения. Достаточно вспомнить огромные перемещения людей в связи с

открытием золота в Калифорнии (1849 год) или Аляске (1895 год), сравнимые по масштабам с Великим переселением народов. Такие открытия сметают устои племенных обществ. Косвенным их результатом явилась победа при Саламине, решившая судьбу греко-персидских войн, создание демократии в Афинах, англо-бурская война и деколонизация Африки.

Как уже говорилось выше, идеалистическое стремление к открытию было главным мотивом, толкавшим к открытию месторождений. Поэтому главным воздаянием открытию являлось (должно было являться!) признание роли геолога в открытии.

Именно память о моих забытых товарищах, сознание долга перед ними, двигало мной, когда первое, что я сделал по приезде в США среди самых насущных проблем в новой для меня стране, – стал писать статью о неизвестных страницах истории открытия алмазов Сибири, таких как описание Володей Черепановым первого шлифа, в котором употреблялось слово «кимберлит» и применение известной издавна (с начала века!) ассоциации пиропа с алмазом для поисков кимберлитов Ягной Стахевич. Статья была опубликована в издававшемся в Мюнхене журнале «Страна и Мир» *(Эрлих, Слонимский, 1987)* Этот же материал был повторен в докладе, сделанном на съезде ассоциации горняков, разрабатывающих россыпи на Аляске, и опубликован на английском языке в трудах этой конференции *(Erlich, and Slonimsky, 1986)*. Эта работа получила продолжение в статье об истории открытия алмазов Сибири, вошедшей в мою брошюру «Месторождения и История». Она стала возможной благодаря огромной помощи одного из пионеров открытия и изучения сибирских алмазов Инны Федоровны Гориной, познакомившей меня с работами мирненского журналиста Р. Юзмухаметова *(2004)* и нашедшей возможность переслать мне книгу В. Л. Масайтиса *(2005)* на ту же тему.

Работа над историей открытия месторождений алмазов Сибири побудила меня написать историю открытия месторождений массива Томтор, непосредственное участие в котором я принимал сам. Меня поразила контрастность хода этих открытий при почти одинаковой их экономической значимости. К сожалению, публикация их в журнале «Звезда» по высшим соображениям редакционной политики была разделена почти двумя годами, так что это сравнение для непрофессионального читателя пропало.

Главной чертой Томтора, переходящей от одного этапа исследования к другому, являлась уникальность его размеров. На первом этапе он был в числе первых в мире массивов апатитовых нефелиновых сиенитов типа Хибин, на втором – его карбонатитовое ядро было самым большим карбонатитовым массивом мира. И самыми большими в мире были связанные с ним содержания редких и редкоземельных элементов. Неудивительно на этом фоне, что я все время чувствовал, что мы работаем перед лицом Истории. Это придавало мне сил и храбрости в прогнозах и противостоянии рутине планирования геологических работ. Было очевидно, что такая удача дается немногим и всего раз в жизни. Отдать такую возможность я не мог. Так я пришел к написанию книги «Месторождения и История», которую и издал за свой счет в Петербургском политехническом университете. Тираж был карликовый – 200 экземпляров, но на большее у меня средств не было. Я и эти-то деньги отрывал от семьи.

Прямым побуждением к написанию брошюры была история бронзового века в Средиземноморье, рассказанная моим любимым Анатолем Франсом, описавшим роль Кадма – мореплавателя, пирата, создателя финикийского алфавита, в освоении оловорудных месторождений Корнуолла. Следуя по тому же пути, я попытался восстановить роль в истории малоизвестных железорудных месторождений Астурии и Басконии, давших металл, из которого были сделаны все короткие мечи, которыми была вооружена армия Рима. Поразительно интересно было следить за историей открытия и использования месторождений Рудных гор Саксонии и Чехии. Добавим к этому историю цивилизаций, выросших без использования металлов: империя ацтеков, мегалитическая культура Мальты. Для меня было откровением

обнаружить, я подозреваю, малоизвестный факт, что все великие промышленные революции были рождены из нужд эксплуатации этих и им подобных месторождений. История молибденового Клаймакса в Скалистых горах Колорадо, буквально позволившего выиграть две мировые войны, и серебряных рудников Лавриона, эксплуатация которых оплатила победу греков над персами при Саламине и постройку гордости античного мира – Афин. Всё это примеры воздействия месторождений на ход решающих событий мировой истории. Работая над этим материалом, я вернулся к своей старой любви – Истории. И за всеми этими историями стояли образы геологов и горняков, давших жизнь этим месторождениям. Мне очень хочется переработать этот текст, дополнив его новыми разделами, и я надеюсь после такой переработки опубликовать его в интернете.

Как мне кажется, после написания этого текста достаточно отчетливо виден единый характер внутренней мотивации – совершенно идеалистический, и в деле поисков месторождений минерального сырья, и при решении теоретических вопросов в области наук о Земле.

Этот внутренний идеалистический мотив отчетливо противостоит одинаково уродливой официальной мотивации, расчитанной на совершенно наивных людей (какими мы, собственно говоря, и были), сочетающейся с жалким характером предполагаемого материального вознаграждения.

Со временем история развития идей и создания научных школ сама становится движущей силой развития науки. Поэтому не случайно вокруг этой, можно сказать, «вторичной истории» начинают разгораться споры о преемственности. Случайно я оказался участником одной из таких «схваток». В связи с предстоящим 50-летием Института вулканологии Володя Белоусов предложил мне написать небольшой (2–3 страницы) очерк воспоминаний для официального буклета, готовящегося к юбилею. Отвыкший от цензуры, я попросил гарантий того, что мой текст будет сохранен, и получил их. Я отнесся к этому очерку именно как к отражению истории идей. А это-то как раз менее всего интересовало составителей в лице нынешнего заместителя директора по науке Г. А. Карпова. Ему важно было провести прямую линию наследования от С. П. Крашенинникова и К. И. Богдановича к Лаборатории вулканологии и к нынешнему Институту.

Геология вулканических поясов в том виде, в каком она рассматривалась в Лаборатории вулканологии, а позднее Институте вулканологии, была большим шагом назад от традиций К. И. Богдановича. Она была в традициях международных каталогов активных вулканов, то есть писалась вне геологической основы. Она также была шагом назад и по отношению к производственным отчетам по геологической съемке масштаба 1:1 000 000, стандартные требования к которым требовали рассмотрения стратификации вулканогенных толщ и особенностей структурной позиции вулканов.

Г. А. Карпов после защиты докторской диссертации был поставлен на место зам. директора по науке не случайно, а как лучший, и уж во всяком случае, вернейший из учеников С. И. Набоко. Он был единственным мужчиной в ее лаборатории. Тем самым пролагалась преемственность администрации С. А. Федотова с Лабораторией вулканологии. После этого он с поразительным постоянством писал в соавторстве с С. А. Федотовым статьи о круглых юбилеях Института (20, 30, 40-летиях). Теперь он венчает свою «юбилейную» серию буклетом к 50-летию. После того, как он написал Володе, что я «считаюсь со Святловским» и, не ожидая от него официального отказа от публикации, я просто отозвал свою записку. Все, что я думаю об этом периоде, было уже опубликовано мной в интернете. Позже Карпов благодарил меня за то, что я избавил его от неловкостей переписки и сказал: «Лично я прекрасно Вас помню и считаю Ваш вклад в формирование направлений исследований, в историю Института на начальном этапе его становления достаточно весомым». Скромно и с достоинством. От себя добавлю: Теперь я спокоен. ОН обо мне помнит.

В связи с большим размахом горнодобывающих работ резко возрастает роль моральной ответственности геологов в защите окружающей среды. Ситуация эта вполне сравнима с ролью физиков в сдерживании гонки ядерного вооружения. Глобальный размах отравления окружающей природы особенно ярко виден на примере Норильского комбината (см. главу 2.6). Но осознание моральной ответственности геологов все более пробивает себе дорогу. Только сейчас могла возникнуть идея разработки специальных методов реставрации отделочных камней, осуществленная выдающимся специалистом по отделочному камню в архитектуре Санкт-Петербурга, профессором Санкт-Петербургского университета, зав. кафедрой минералогии Андреем Глебовичем Булахом. В Университете им было создано новое научное направление: изучение процессов разрушения камня в условиях окружающей среды и разработка методов и приемов материаловедческой и биологической экспертизы камня и составление картограмм типов камня и его состояния в памятниках культуры. Основные результаты этих работ были опубликованы в монографии А. Булаха и др. *(Булах и др., 2005)*.

Рис. 2.4.11. Выдающийся российский минералог А. Г. Булах.

Материалы по истории строительства ГеоТЭС, предоставленные непосредственным участником строительства В. И. Белоусовым *(Белоусов, Эрлих, 2014)*, отражают картину полного отсутствия координации между научными организациями *(Институт вулканологии ДВО АН СССР)*, организациями, ведущими разведку (КТГУ) и строителями станций. На первом этапе, в период строительства Паужетской ГеоТЭС, это сказалось в том, что из списка участников открытия и освоения месторождения был вычеркнут истинный инициатор строительства – А. А. Гавронский, не вписывавшийся в картину ведущей роли академических организаций (в частности, комиссии по определению перспектив геотермальной энергетики, возглавляемой академиком М. А. Лаврентьевым) в разведке и строительстве Паужетской ГеоТЭС и проводившей разведку месторождения КТГУ. Всё это описано в разделе об истории развития геотермальной энергетики на Камчатке, помещенной во второй части этой книги главе 1.10.

На втором этапе, завершившимся строительством Мутновских ГеоТЭС, главным вопросом был маркетинг месторождений и обеспечение кредитов для разведки месторождений и строительства станций. Кредит в конечном итоге был предоставлен Международным валютным фондом (IMF). Считается, что человеком, обеспечившим получение кредитов, был О. А. Поваров. Но, как явствует из примера с маркетингом Томтора (см. раздел о Томторе в главе 2.3), с никому не известным за пределами Камчатки Поваровым в IMF никто не стал бы даже говорить. Кто был истинным организатором кредита на строительство

станций, свидетельствует фотография торжественного их открытия. Ленточку перерезают двое: О. А. Поваров и А. Б. Чубайс. Совершенно очевидно, что именно этот последний и был настоящим организатором кредита. Его близость к российским правительственным кругам была широко известна за рубежом. А вся финансовая политика правительства Е. Т. Гайдара, по свидетельству известного российского экономиста А. Илларионова, основывалась на взятии иностранных кредитов. Отдавать кредиты (если уж отдавать!) – это когда-то еще, а деньги нужны сейчас, и в России денег на строительство (вопреки убеждению А. В. Толстова) нет. На этот раз КТГУ смогло в полной мере посчитаться с Институтом вулканологии и показать, «кто тут главный». Можно понять горькую обиду истинного инициатора строительства Мутновских ГеоТЭС Е. А. Вакина, которого не только не включили в число награжденных за открытие и освоение месторождения, но даже не пригласили на открытие станции (какая мелочность! – но полная аналогия с историей открытия трубки «Мир» и Талнаха, – см. соответствующие разделы главы 2.3). Вряд ли его могли утешить слова В. И. Белоусова о том, что «все знают о его роли в строительстве Мутновских ГеоТЭС», и даже домик на Мутновке называют не иначе, как «домик Вакина».

Другими примерами пагубного влияния отсутствия координации между наукой и производством на развитие геотермии на Камчатке могут служить продолжавшееся бурение на Больше-Банной геотермальной системе вопреки рекомендации Института вулканологии о ее прекращении в связи с зарастанием скважин карбонатами.

В. И. Белоусов пишет: «После прекращения Камчатским геологическим управлением Министерства геологии РСФСР разведочных работ на Паужетке тесное сотрудничество с АН СССР также было прервано и были предприняты без достаточной научно-исследовательской и геотехнологической проработки интенсивные, в основном, геологоразведочные работы на Больше-Банной высокотемпературной гидротермальной системе (120 км от Петропавловска-Камчатского). Во время буровых работ возникли непреодолимые в то время трудности – неконтролируемые выбросы мощных струй парогазоводяной смеси, зарастание скважин минеральными отложениями. Вскоре эти работы были завершены, не достигнув практического результата. Более успешно велись работы по разведке Паратунской низкотемпературной гидротермальной системы вблизи Петропавловска-Камчатского и посёлка Паратунка. Здесь также не были в полной мере проведены научно-исследовательские и энерготехнологические работы, в связи с чем объём капитальных затрат не был оптимальным, и экономическая выгодность использования геотермальной энергии подвергалась сомнению».

Горно-металлургические районы – генераторы создания центров подготовки профессиональных кадров и исследований в области наук о Земле

Новые крупные месторождения становятся настоящей кузницей кадров горно-металлургической промышленности всего мира. Прекрасный пример тому – влияние опыта немецких горняков на развитие горно-металлургической промышленности России. Другой замечательный пример являет эмиграция горняков Корнуолла в США и их роль в развитии добычи металлов в месторождениях Скалистых гор.

Осознание необходимости накопления опыта в области геологии минеральных месторождений поотребовала издания специальных технических журналов, печатавших первичные наблюдения и результаты первых шагов в создании науки о месторождениях полезных ископаемых. Необходимость таких публикаций подчеркивал основатель кафедры месторождений полезных ископаемых Петербургского Горного института К. И. Богданович, ссылаясь на опыт своего предшественника по Фрайбергской Академии «старого учителя Котта».

Специфика российской школы геологов-рудников состояла в необычайном многообразии геологических структур и различных типов месторождений, с которыми им приходилось иметь дело. Это буквально толкало геологов на совмещение практической работы, обобщения фактического материала и теоретических исследований. Недаром основатель российской школы геологов-специалистов по рудным месторождениям К. И. Богданович выпускает капитальный труд «Железорудные месторождения России» *(1911)*, а несколько лет спустя, в 1913 году, двухтомник «Рудные месторождения мира», пользующийся спросом вплоть до наших дней. Обобщение материала по конкретным месторождениям толкало на создание общей картины распределения металлоносности во времени и пространстве в связи с эволюцией магматизма и развития геологических структур – металлогеническому анализу. Будущий академик С. С. Смирнов создает «Зону окисления сульфидных рудных месторождений» *(Смирнов, 1951 год)*, ставшую настольной книгой геологов-поисковиков. Эта работа помимо всего прочего резко увеличила перспективы медных месторождений Урала за счет зон вторичного сульфидного обогащения и С. С. Смирнов становится первым, кто говорит о металлогеническом подходе к анализу распределения рудных месторождений, И. Г. Магакьян развивает идею о неравномерном распределении рудогенеза в течение геологического времени, Ю. А. Билибин прогнозирует золотоносность Колымы и параллельно пишет классический учебник «Основы геологии россыпей» *(Билибин, 1938)*.

Горные школы не только снабжали кадрами горно-металлургические предприятия, но и служили центрами научного исследования в области наук о Земле. Здесь создавались научные школы, возглавившие поисковую службу соответствующих стран. Насколько велика была потребность в такого рода школах, видно из того, что Санкт-Петербургский Горный институт был открыт в результате прямого давления горнопромышленников Перми. Всего 15 лет спустя после основания в 1874 году Горной школы Колорадо, в 1889 году в центре нового горнодобывающего центра в Нью-Мексико в городе Сокорро была открыта Горная школа Нью-Мексико. Факт тем более значительный, что основание горно-металлургических школ на американском Западе производилось не правительством, а диктовалось самими потребностями промышленного развития района.

В России и СССР, в условиях сверхцентрализованной государственной системы, горные школы создавались в столицах и культурных центрах, где имелись необходимые научные кадры, да и решения об обеспечении кадрами новых горнопромышленных центров можно было решать более оперативно, с учетом новейших нужд экономики и поворотов государственной экономической политики. Так был создан Санкт-Петербургский Горный институт; позднее, после переноса столицы в Москву, в ней была создана целая серия академических институтов, специализировавшихся в области наук о Земле, был основан Московский геологоразведочный институт. Крупным центром создания кадров в области наук о Земле был Московский университет, где работали В. И. Вернадский и его ученик А. Е. Ферсман. Московская школа геологов представлена такими значительными фигурами, как академик А. Д. Архангельский (1879–1940), академик Н. С. Шатский (1895–1960), геолог и палеонтолог А. П. Павлов (1854–1929). Потребности развития местных горно-металлургических центров привели к созданию горнотехнических школ разного уровня непосредственно в районах горнодобывающей и металлургической промышленности (в первую очередь на Урале и Сибири). Таковы были центры геологических наук в Екатеринбурге (Свердловске) и Челябинске; таков же был центр, созданный в Томске, где выросла целая школа геологов – учеников М. А. Усова. Сюда же относится и создание горнотехнического техникума в Кировске на Кольском полуострове.

Исключительно интересной представляется история основания Санкт-Петербургского Горного института (1773 год). Обычно говорится, что он основан Екатериной II. Порази-

тельной чертой его истории является то, что начало ему на самом деле положило письмо горнопромышленника Тасимова императрице Екатерине II.

Везде можно прочесть, что это старейшее в России высшее техническое учебное заведение было основано Екатериной II, чей портрет в полный рост, оплаченный мировой алмазной монополией Де Бирс, красуется в деканатском коридоре института. Однако первые же справки говорят о том, что Горное училище было основано на деньги пермского горнопромышленника башкира Исмаила (Исмагила) Тасимова, обратившегося в 1771 году в Берг-Коллегию с просьбой открыть офицерскую школу для подготовки технически образованных кадров, способных работать в горной промышленности. Тасимов и представляемая им инициативная группа обещали платить на содержание горной школы по полуполушке с каждого пуда полученной ими руды. Это послужило важным аргументом для утверждения два года спустя Екатериной указа об открытии Горного училища. Училище было открыто 9 лет спустя позже основания Фрейбергской горной академии. Вплоть до 1792 года училище содержалось на пожертвования инициативной группы, и лишь после этого переведено на казенное содержание. В 1804 году оно было преобразовано в Горный кадетский корпус, который в 1834 году был переименован в Институт корпуса горных инженеров, и в1866 в Горный институт. В подмене истинного инициатора создания легендарного института императрицей сказывается традиция российской истории, приписывавшей все значительные акты самодержцам и отрицавшей всякую роль реальных деятелей, создававших российскую культуру и промышленность. Так исчезло имя И. И. Шувалова, создавшего Московский университет и Академию художеств (в распоряжении Шувалова была записка М. В. Ломоносова о желательности основания в Москве университета). Так исчезло имя Григория Потемкина, ни много ни мало присоединившего к России и «обустроившего» Новороссию. История в равной мере принадлежит всем, не взирая на чины. Именно поэтому есть смысл остановиться на том, кем, собственно, было основано Петербургское Горное училище. Во имя исторической правды не могу не сказать, что сделанное на первой странице институтского сайта заявление о том, что основание Горного училища «воплотило идеи Петра Первого и Ломоносова», не соответствует действительности. У Петра попросту не было никаких специальных идей на эту тему – не до того было: надо было обучать арифметике, военному и морскому делу, а на горные работы в основном приглашали «немецких» специалистов. Конечно, хорошо бы со временем начать выращивать и своих горных мастеров, но пока руки не доходят. Ломоносов же умер в 1765 году, за 8 лет до создания Горного училища. Екатерина только что пришла к власти, и ей было не до обсуждения идей об основании Горного училища. Ломоносову и так слишком многое приписывают, начиная с основания созданного И. И. Шуваловым Московского университета. А ведь значимость его дел и личности достаточно велики сами по себе. Если у авторов сайта есть какие-то материалы об идеалах и идеях Петра и Ломоносова в отношении горнотехнического образования, то стоило бы их опубликовать. Возможности для таких публикаций у хозяев сайта есть. Академик Д. Соколов в 1830 году писал: «Кто бы поверил, что полудикий башкирец из дымного аула своего положил первый камень в основание Горного корпуса»? *(Исмагил Тасимов)*.

А вот и стихи к 100-летнему юбилею выпускника Института, действительного статского советника П. Н. Алексеева *(тот же источник)*:

Сто лет тому назад тогдашний горный мир
Приятно изумил безграмотный башкир:
Он подал от своих товарищей прошенье
В России учредить такое заведенье,
Чтоб рудокопам – им, безграмотным, как сам,
Давать указчиков по горным их делам!

Царица ласково на просьбу посмотрела,
Пометила рукой – и дело закипело:
И так зачался наш Горный институт.

Приведенные данные ставят все с головы на ноги. Не было мудрого решения императрицы, создававшего основы горной промышленности страны путем обеспечения ее технически грамотными кадрами. Царица попросту «ласково на просьбу посмотрела», а вся инициатива исходила от «безграмотного башкира». «Подталкивание» создания горнотехнических учебных заведений со стороны владельцев рудников – процесс обычный. Здесь обращает на себя внимание лишь то, что деятелей российской культуры коробило то, что инициатива исходила от «инородца».

Стоило признать, кто такой Тасимов, – и тут же выстраивался ряд поэтических стандартов: «безграмотный башкир», происходящий из дымного аула. А ведь ничего похожего не было. Очень сомнительно, чтобы Тасимов был безграмотен, и происходил он не из «дымного аула», а из крупнейшего административно-индустриального центра тогдашнего Урала – Перми. Он был пермским горнопромышленником, владельцем рудников, и именно ему-то и нужны были технически образованные кадры, но отношение к нему определяется тем, что он был не представителем титульной нации, а башкиром.

Здесь четко определено различие ролей Исмаила Тасимова и царицы. Надо только добавить, что прошение определенно потерялось бы в море других бумаг, если бы не попало на глаза директору Берг-коллегии М. Ф. Соймонову. Он в полной мере оценил значимость обращения и «положил его на подпись» императрице. Его-то вместе с Тасимовым и надо считать основателями Петербургского Горного. Этот процесс занял два года. И именно Ф. Соймонов стал первым директором вновь открытого Училища.

Рис. 2.4.11. Санкт-Петербургский Горный университет (бывшее Горное училище позднее Ленинградский Горный Институт). Санкт-Петербургский государственный горный

Портрет императрицы выполнен на средства, предоставленные крупнейшей алмазодобывающей монополией мира – компанией Де Бирс, полностью оплатившей расходы на оформление Горного института в расчете (вполне оправдавшемся!) на хорошие отношения с организацией, во многом определявшей выдачу лицензий на горнодобывающие предприятия. Естественно, Де Бирсу было совершенно все равно, чей портрет будут вешать в актовом зале Горного. Все определялось маникальным, поистине рабским пристрастием к монархи-

ческому принципу устройства страны, как эпидемия распространившемуся среди правителей новой (постсоветской) России.

История Петербургского Горного дает прекрасный пример, как сам факт существования этой Горной школы оказывал влияние на развитие наук о Земле и, обратно, как требования развития экономики страны влияли на облик этого учебного заведения. Почти до конца XIX века Горный выпускал почти исключительно горных инженеров и инженеров-металлургов. Но массовое строительство железных дорог поставило на первое место нужду в выпуске инженеров-геологов. В 1872 году создается геологический факультет. Во главе его встал создатель первой геологической карты Европейской России Г. П. Гельмерсен. И он же становится главой созданного в 1882 году Геологического комитета, организации, которая должна была координировать всю геологическую работу на территории огромной страны. Имена первых выпускников нового факультета говорят сами за себя: В. А. Обручев, И. В. Мушкетов, К. И. Богданович. Их портреты в Горном институте на момент написания этого текста отсутствовали (их всех заменил портрет императрицы – и одновременно отмечен преподобный Макарий Египетский, чьим именем названа церковь в Горном Университете).

Церковь была основана в 1805 году, а затем открыта заново в 2004 году для того, чтобы укрепить моральные основы всех, кто работает в горнометаллургической отрасли экономики. Приведенные в первой и второй частях настоящей книги примеры открытия и освоения месторождений со всей очевидностью показывают, что руководители отрасли действительно остро нуждаются в необходимости соблюдения восьмой заповеди «**Не укради**!». Ведь сам факт, что директора академических институтов утверждают свое право приписывать себя в качестве соавторов к любой печатной работе, выполненной в руководимых ими институтах (и зачастую пользуются этим правом), глубоко аморален. Я уже не говорю о затаптывании геологов-первооткрывателей крупнейших месторождений (см. главу 2.5).

Мне доставляет особое удовольствие дать читателю возможность посмотреть на этих людей – основателей российской геологии. Они (**а не Макарий Египетский**!) проводили исследования на огромных неисследованных просторах Российской империи, которые пересекались невиданными по протяженности трансконтинентальными железными дорогами (такими, как Транссибирская магистраль и железная дорога, соединившая европейскую часть страны с только что присоединенным российским Туркестаном). К. И. Богданович был участником экспедиции М. В. Певцова, продолжавшей исследования Центральной Азии, начатые Н. М. Пржевальским, был руководителем экспедиции на Камчатку и иследовал трассу Транссибирской железной дороги. Он же был основателем кафедры месторождений полезных ископаемых в Петербургском Горном, создавшей школу российских геологов-исследователей месторождений.

С их именами связано создание первых, самых общих представлений не только о геологии, но и о географии Сибири, Дальнего Востока и Российского Туркестана.

Об этих выдающихся геологах и путешественниках см. главы 2.1 и 2.5. Учитывая общий эмпирический характер геологических наук, не случайно то, что многие практические геологи, накопившие за свою профессиональную жизнь значительный объем эмпирических наблюдений, на склоне лет начинали работать над наиболее общими вопросами геологических наук, таких как проблемы происхождения Земли, закономерности динамики ее развития, степень синхронности геологических событий или соотношения вулканизма и тектоники. С этим же связано и стремление геологов-практиков к написанию или участию в написании сводок фактического материала (как региональных, так и глобальных).

Позднее горно-геологические школы школы становились центрами аккумуляции новых данных в самых различных отраслях наук о Земле. Так в Петербургском горном

институте гениальным ученым Е. С. Федоровым была создана структурная кристаллография.

Рис. 2.4.12. Создатель современной кристаллографии Е. С. Федоров (1853–1919).

Потребности в минеральном сырье, предъявляемые бурно растущей промышленностью, привели к необходимости создания кафедры месторождений полезных ископаемых. Основателем этой кафедры стал Карл Иванович Богданович. Он же был автором одного из первых в мире курсов «Рудные месторождения». Деятельность этой кафедры привела к созданию российской школы геологов-рудников.

Основание горных школ и начало чтения в них курса месторождений полезных ископаемых обычно сопровождалось многолетним изданием специальных журналов, в которых публиковались результаты эмпирических наблюдений в процессе поисков и разработки месторождений. Именно эти эмпирические сведения ложились в основу создаваемого учения о рудных месторождениях. Автор первого российского курса, посвященного рудным месторождениям мира, К. И. Богданович начинает свой курс с рассказа о том, что именно Бернард фон Котта, которого чуть позже Богданович называет «старый учитель Котта», начинает издание Gangstudien (Изучение жил), в котором оперативно публикуются новые данные по геологии рудных месторождений. На основе этих данных позже он публикует обзор «Die Lehre von der Erzlagerstatten» (I–II), 1859–1861, бывший на протяжении многих лет руководством к развитию нескольких поколений горных инженеров. К. И. Богданович напоминает, что горный инженер в своей практике всегда будет наблюдать факты, до какой-то степени новые, и было бы плохо, если бы он пользовался только уже известными.

Рис. 2.4.13. К. И. Богданович, создатель первой геологической карты Камчатки. Основатель кафедры месторождений полезных ископаемых в Петербургском Горном. Председатель Геолкома (1914–1918). Автор труда» Рудные месторождения мира» (1912). Эмигрировал в 1919 году в Польшу. Среди его учеников академики И. М. Губкин, А. Н. Заварицкий.

Русская литература по рудным месторождениям прямо следует немецкой. Часто единственными сведениями по месторождениям (теперь уже отработанным) мы обязаны тем же авторам из Фрайберга и Пршибрама. В России особенно резко обнаруживается прямая зависимость учения о рудных месторождениях не от развития техники горного промысла, а от прогресса геологических знаний.

Работа горного инженера требовала знания руководящих идей и умения наблюдать. Появление новой дисциплины К. И. Богданович связывает с деятельностью старейших горных школ Европы, таких как Фрейберг, Кляусталь, Пршибрам, выросших в связи с освоением месторождений Рудных гор Европы. Истоки новой дисциплины он возводит к работам Б. Котта (1861) и А. Гроддека (1879). Именно в связи с развитием горных школ появляются крупнейшие имена создателей основ новой дисциплины: Пошепни в Пршибраме, Э. Фукс и Де Лонэ в Парижской Ecole des Mines, Фогт в Норвегии, Кемп, Рис и Ван Хайз в США. Бурное развитие новых практических знаний в области рудных месторождений требует новых идейных подходов. Ответом на эту потребность явилось появление идей о зональности рудных месторождений У. Ф. Эммонса и В. Линдгрена. Мы, увы, понятия не имели об этих людях и их работах, когда учились в Ленинградском Горном. Как, впрочем, и о том, когда и кем начало впервые применяться микроскопическое описание шлифов горных пород.

Рис. 2.4.14. И. В. Мушкетов (1850–1902) – первый декан геологического факультета Петербургского горного института, создатель представлений о географии и геологии Центральной Азии.

Рис. 2.4.15. В. А. Обручев (1863–1956) – геолог и путешественник. Один из пионеров геологического изучения Сибири и российского Туркестана.

Рис. 2.4.16. Академик А. Н. Заварицкий, создатель Лаборатории вулканологии.

Основу представлений о геодинамике Камчатки создали работы А. Н. Заварицкого, *(Заварицкий, 1955)*, опиравшегося на исследования по геотектонике островных дуг, перевод которых вышел по его инициативе на русском языке в начале пятидесятых годов *(Умбгров, 1952)*. Александр Николаевич достойно продолжил дело своего учителя К. И. Богдановича, завершив его работы по геологии горы Магнитной на Урале и создав основу изучения геологии четвертичных вулканов Камчатки. В 1944 году он основал Лабораторию вулканологии АН СССР и стал ее первым директором. По его инициативе была проведена специальная аэрогеологическая экспедиция, выполнившая аэрофотосъемку вулканов Камчатки. На основе этих снимков был издан Атлас вулканов СССР *(Святловский, 1959)*. Он лично изучал петрографию вулканических пород Авачинской сопки и петрохимию четвертичных вулканов полуострова. Для его исследований был характерен широкий проблемный подход ко всем изучаемым вопросам. Так изучение петрохимии вулканических пород Камчатки продолжилось в создании метода изображения химического состава вулканических пород, совмещавшего химические и минералогические характеристики породы (диаграмма А. Н. Заварицкого). Параллельно он обобщает материал различных молодых вулканичеких районов мира и выводит стандартные серии химического состава образующихся в различных условиях вулканитов. Это привело к созданию новой отрасли петрологии – Петрохимии и сделало анализ петрохимических диаграмм неотъемлемой частью характеристики петрологии магматических пород в ходе геологических исследований.

Представления о структурном контроле вулканов Камчатки прошли обычную эволюцию, характерную для всех идей о структурном контроле вулканических центров, как в районах молодого вулканизма, так и в районах развития кимберлитов. На первом этапе разлом аппроксимируется линией, проходящей через точки, обозначающие несколько линейно расположенных вулканических центров (будь то вулканы или кимберлитовые тела, – см., к примеру, Bardet, 1964, Erlich and Hausel, 2002). Так появилась работа А. Н. Заварицкого (1955), отрисовавшего на Камчатке две системы глубинных разломов – северо-восточного (СВ 300) и северо-западного простирания. Из данных о строении Камчатки сегодня следует, что бесполезно было бы искать под такими рядами единые зоны разломов – в каждом случае наблюдается цепочка изолированных трещин, каждая из которых используется подводящим каналом вулкана. Основной же разлом всегда располагается в стороне от вулканического ряда. Во-вторых, можно уточнить вывод, сделанный Г. С. Штейнбергом *(1966)*, о приуроченности вулканических поясов к перегибам поверхности М.

При знакомстве с этой последней работой возникал ряд вопросов: 1) почему вулканы локализуются вдоль одних перегибов поверхности М и не локализуются вдоль других; 2)

почему в ряде случаев вулканы не связаны с такими перегибами, и 3) почему при общей вытянутости вулканов вдоль флексуры поверхности М они отодвинуты от линии флексуры. Теперь можно сформулировать ответ: вулканические пояса островных дуг локализуются вдоль тех разломов глубокого заложения (связаны они с перегибом поверхности М или нет), вдоль которых отмечаются горизонтальные перемещения типа глубинного сдвига *(Эрлих, 1973)*. Так как отдельные вулканы располагаются не на линии основного разлома, а вдоль оперяющих его трещинных зон, вулканический пояс прилегает к такому разлому, но вулканы всегда отодвинуты от него.

Рис. 2.4.17. Ведущие сотрудники Лаборатории вулканологии. Воплощение советской вулканологии. После переезда на Камчатку все они стали начальниками отделов нового Института. В первом ряду слева направо: А. Е. Святловский, В. И. Влодавец, Б. И. Пийп, С. И. Набоко. Во втором ряду слева направо: Г. С. Горшков, Е. К. Мархинин, В. В. Аверьев, Из архива В. И. Белоусова.

После смерти академика А. Н. Заварицкого научный уровень исследований Лаборатории вулканологии резко изменился.

При том, что весь Институт практически занимался вулканической геологией, главной чертой подхода к изучению геологии вулканических толщ была его «негеологичность». Единственным специалистом, привлекавшим геологические данные о строении вулканов и развитии вулканизма был А. Е. Святловский *(Святловский, 1967)*. Исследования ограничивались монографическим описанием вулканов с детальной характеристикой петрографии слагающих его пород.

Описание вулканов осуществлялось в соответствии с требованиями каталогов активных вулканов мира. Территориально исследования ограничивались Камчаткой и реже – Курильскими островами. Особый подход, на основе геологического картирования, был характерен для изучения Паужетского района, где осуществлялось бурение под разведку геотермального месторождения. Здесь А. Е. Святловским была развита идея о циркуляции горя-

чих вод в артезианских бассейнах *(Аверьев, Святловский, 1961)*. Но в отношении общего тектонического контроля вулканических поясов А. Е. Святловский придерживался представлений о связи их с вертикальным тектоническим поднятием *(Святловский, 1967, 1971)*. Куда уж дальше, если в замечательном по выразительности фотографий Атласе вулканов Камчатки *(Святловский, ред., 1959)* геологическая обстановка положения и строение отдельных вулканов не рассматривались вообще, дело ограничивалось характеристикой морфологии вулканических построек, данной на основании аэрофотоснимков. В этом отношении эти работы, как и геологическая карта Камчатки, вышедшая под реакцией А. Н. Заварицкого, представляли шаг назад по сравнению с геологической картой Камчатки, составленной К. И. Богдановичем *(Bohdanowisch, 1904)*.

Широта решения проблем исчезла, осталась лишь эффектность описываемого материала. Г. С. Горшков *(1967)*, доказывая возможность мантийного происхождения серий четвертичных вулканитов Курило-Камчатской гряды, ссылался на то, что они сохраняют свой известково-щелочной характер независимо от резкого изменения мощности и строения коры от океанической на Центральных Курилах до континентальной на Камчатке. При этом он использовал как показатель скорости аккумуляции щелочей в расплаве угол наклона вариационной кривой в проекции на плоскость ASB к оси SB на диаграмме А. Н. Заварицкого и просто пренебрег данными о ультраосновных-щелочных породах древних платформ, обнаруживающих угол наклона, характерный для пород океанических серий.

Облик зародыша нового института представлен на рис. 2.4.18. Это сотрудники Экспедиции СОПС, которые и составили основу института вулканологии.

Рис. 2.4.18. Б. И. Пийп – директор экспедиции СОПСа с группой молодых сотрудников будущего Института вулканологии. Б. И. Пийп со своим заместителем по экспедиции Шапалиным А. Ф. (первый ряд, 1-й слева), ученым секретарем Н. В. Дмитриевым (первый ряд, крайний справа) и молодыми учеными: О. А. Брайцевой (в первом ряду) и во втором ряду (слева направо): И. Т. Кирсановым, Г. П. Авдейко, Н. Л. Шилиным, И. В. Мелекесцевым. Фото из архива В. И. Белоусова.

Прошло всего несколько лет и ученые нового Института смогли выступить единым строем на сессии Международного геофизического и геодезического конгресса 1971 года в Москве – своего рода научных олимпийских играх и выиграли их вчистую!

Рис. 2.4.19. Победители «научных олимпийских игр» – Генеральной Ассамблеи Международного геофизического и геодезического конгресса (МГГК) в Москве, 1971 года – делегация Института вулканологии. В центре – наш директор Г. С. Горшков, только что выбранный Президентом Всемирной ассоциации вулканологии, и автор (Э. Эрлих). Слева от Горшкова генеральный секретарь IAVCEI проф. П. Эврар, слева от него – будущий директор Института вулканической геологии и геохимии Б. В. Иванов, крайняя справа – наш ученый секретарь Оля Брайцева, слева от нее Энцо Локарди. Из архива автора.

Положительное воздействие всей программы смещения научных центров на Восток на развитие советской (российской) науки несомненно. Она дала толчок росту новых научных коллективов. Позволила многим уйти от застойной атмосферы столичных научных учреждений, способствовала появлению оригинальных идей и направлений в ряде областей. В области наук о Земле в новосибирском Институте геологии и геофизики сформировался новый подход к объектам исследования, характеризующийся широким применением математики для оценки новых гипотез.

Здесь мы остановимся только на том, что нового принесло в исследования создание Института вулканологии.

В. В. Аверьев был целиком занят проблемами, связанными с геотермическими исследованиями и при этом не выходил за пределы господствовавшей в то время ортомагматической концепции прямой связи с кристаллизацией магмы в коровом очаге и лишь позже развил представления о генерации геотермальных аномалий в результате подтока тепла с глубинными гидротермами *(Аверьев, 1964)*.

Развиваемый В. В. Аверьевым новый «энергетический» подход к геологическим событиям был нов и прогрессивен. Недаром его доклад на Втором всесоюзном вулканологическом совещании 1964 года *(Аверьев, 1966)* пользовался такой популярностью. Импонировал и его, казалось бы, свободный, без оглядки на «диктовку сверху», подход. Однако минусом была совершенная «негеологичность» его анализа, даже большая той, о которой говорилось

выше, и недостаточно широкая внутренняя культура. Только этим последним и можно объяснть его преонебрежительное отношение к инициатору работ по геотермальной энергетике Камчатки А. А. Гавронскому *(Белоусов, Эрлих, 2009)*.

К большому сожалению, погибла замечательная идея В. В. Аверьева о глубинном бурении с целью изучения корневых частей геотермальных систем. Сам Аверьев не стал настаивать на решении о таком бурении, которое требовало вмешательства Госплана и Совета Министров. Говорили, что существующие технические возможности не позволяли провести бурение для вскрытия магматического очага под Авачинской сопкой. Но они вполне могли быть разработаны специализированной конструкторской организацией – для этого требовалось лишь вмешательство «сверху». В России в этот период уже существовала серийно выпускаемая промышленностью буровая техника, позволяющая вести бурение на сверхбольшие глубины; оставалось лишь научиться преодолевать значительные температуры.

Главным препятствием к созданию общей картины развития четверичного вулканизма являлось отсутствие схемы стратиграфии четвертичных отложений. Оно было устранено работой группы молодых ученых Института вулканологии (Брайцева, Мелекесцев, Евтеева, Лупикина, 1968). Разработка этой стратиграфической основы проложила путь к созданию картины эволюции четвертичного вулканизма и тектонических перестроек *(Эрлих, Мелекесцев, 1973)* и реконструкции истории четвертичного рельефа Камчатки *(Лучицкий, ред, 1974)*. Само по себе создание в Институте вулканологии группы, занимавшейся стратиграфией рыхлых четвертичных отложений, явилось замечательной заслугой первого директора института – Б. И. Пийпа. Абсолютно ту же работу по обоснованию стратиграфии верхнетретичных отложений Камчатки провели А. Е. Шанцер и А. И. Челебаева, привлекая по мере необходимости к этой работе сотрудников геологического института АН СССР в Москве (Шанцер, Челебаева, Гептнер, 1966). Их работы решили сложную проблему корреляции морских третичных отложений различных районов западного и восточного побережья и континентальных отложений Срединного хребта. Позднее эти исследования послужили основным материалом для серии монографий, посвященных стратиграфии различных стратиграфических разделов третичного периода Камчатки, вышедших под редакцией и при участии Ю. Б. Гладенкова. Коллекции ископаемой флоры, собранные А. И. Челебаевой, и их монографически выполненное описание стали событием в отечественной палеоботанике. Недаром познакомиться с ними ездили к нам сотрудники Ботанического института АН СССР. Понимая значимость собранной коллекции, Аэлита Ивановна вывезла ее в Москву и сдала в Румянцевский музей. То, что руководство Института не озаботилось издать описание коллекции в виде монографии, лишь еще одно свидетельство узости кругозора научного руководства Института. То же относится и к альбому фаций вулканических пород, выполненному Т. С. Краевой.

Другим достижением Института явилось создание геофизической группы, результатом работы которой было исследование глубинного строения Авачинской сопки *(Штейнберг и др., 1966)*.

Кровля обнаруженного геофизической группой аномалиеобразующего тела расположена на глубине 3–5 км под вулканом. И этот объект был интерпретирован как промежуточная магматическая камера *(Штейнберг и др., 1966)*. В. В. Аверьев предложил провести бурение глубокой скважины для вскрытия этого тела. В это время происходила в буквальном смысле слова международная гонка проектов бурения с целью исследования геологической природы поверхности Мохоровичича (М). Это бурение рассматривалось как первый шаг к пониманию геологической природы глубинных геофизических аномалий вообще. Но минимальная глубина до поверхности М превышала 10 км, не говоря о предполагаемых высоких температурах и насыщенности флюидами. Это делало весь проект бурения технически

очень сложным. В СССР была принята программа бурения серии глубоких скважин в различных по геологическому строению районах.

Как это бывает со всеми настоящими фундаментальными исследованиями, результаты этих работ легли в основу практических работ. Данные о стратиграфическом расчленении молодых вулканических толщ легли в основу геологического картирования, проводимого территориальным геологическим управлением (КТГУ) и в то же время легли в основу теоретических работ, в частности была рассмотрена роль вулканизма в рельефообразовании *(Мелекесцев, 1980)*, а коллекция ископаемой флоры находится в Румянцевском музее в Москве и стали гордостью отечественной палеоботаники.

Ставя эти исследоваия, Б. И. Пийп преодолевал сопротивление обкома партии, настаивавшего на узко-прикладном характере работ нового Института, которые должны были по мысли обкома ориентироваться на прогноз извержений ближайшего к городу активного вулкана – Авачинской сопки. Обращает на себя внимание, что результаты всех этих исследований были впервые опубликованы в 1966 году, то есть были сданы в печать в 1964 году, как раз ко Второму всесоюзному вулканологическому совещанию, на котором молодой Институт вулканологии впервые представлял себя геологической общественности страны. Эта тенденция была продолжена в выступлениях ученых Института на сессии Международного геофизического и геодезического союза в Москве в 1971 году (см. рис. 2.4.19).

В официальном сайте Института (то есть минерально-сырьевого Горного университета) ничего не говорится о его ученых, составивших основу и гордость российской геологии. Поразительно, но факт – в списке «известных выпускников» главное место занимают поэты и писатели. Тут тебе и Н. Г. Короленко, и В. М. Гаршин, прозаик А. Г. Битов, писатель-фантаст И. А. Ефремов, какой-то вообще неизвестный С. К. Филиппов (советский журналист и писатель) и полный список участников кружка поэтов, существовавшего при Институте в 60х-70-х годах XX века. Здесь автор многих популярных песен А. М. Городницкий, широко известный и популярный поэт (хотя профессиональные его успехи достаточно скромны). Но кто знает сейчас Л. М. Агеева, В. Л. Британишского, О. А. Тарутина? И уж совсем загадочна фигура С. Б. Горобченко. Если ориентироваться на этот список, то похоже, что это не Горный, а филологический Институт. Сюда же включены государственные деятели и революционеры, начиная от Г. В. Плеханова, именем которого и назван университет. Против его фамилии пометка – «не окончил». Выдающийся кристаллограф Илларион Илларионович Шафрановский на обсуждении вопроса о присуждении Горному имени Плеханова сказал: «Позвольте, как можно – ведь его же наш Кокшаров[15] отчислил за неуспешность!!!» Сюда же попал и теперь уже бывший председатель Совета Федерации С. Н. Миронов.

Сегодня Горный Институт переименован в университет и более того, в соответствии с главной ориентацией этого учебного заведения, он уже и не просто Горный, а «минерально-сырьевой университет», в соответствии с той новой ролью, которая отводится ему в распиле минерально-сырьевых богаств страны. Но до того он вообще-то играл ведущую роль в фундаментальных исследованиях в области наук о Земле. Само по себе существование Горного института, ставшего центром исследований в области наук о Земле, привело к быстрому накоплению и обобщению самого разнообразного эмпирического материала. Одним из побочных следствий этого явились обобщающие работы в области симметрии кристаллов, проведенные гениальным ученым Е. С. Федоровым, о чем уже говорилось выше. Они знаменовали появление новой науки – структурной кристаллографии в том виде, в котором мы ее знаем сегодня.

Другим человеком, практически создавшим одну из основных дисциплин в области наук о Земле, был М. М. Тетяев. Он написал первый на русском языке курс Общей геотек-

[15] Н. И. Кокшаров (1818–1892) – выдающийся русский минералог конца XIX века

тоники, но его работа была затерта и практически забыта после его ареста. Написанный его учеником В. В. Белоусовым под влиянием труда своего учителя М. М. Тетяева аналогичный курс пользовался огромной популярностью.

Рис. 2.4.18. Создатель современной геотектоники М. М. Тетяев (1882–1956)

Нам посчастливилось слушать его лекции о геотектонике – это был не систематический курс, а серия лекций на темы, которые Михаил Михайлович считал ключевыми для понимания идей, лежащих в основе геотектоники: анализ колебательных движений, основанный на суммировании данных о мощностях толщ и фациях слагающих их осадков, идеи о механике складкообразования, геоморфологический анализ, как основа представлений о новейшей тектонике. Этот курс были дополнением к тем лекциям, которые он читал для широкой ленинградской геологической общественности. Эти последние лекции пользовались огромным успехом и собирали огромную аудиторию. Приходилось последовательно менять помещения, в которых они проходили, с тем, чтобы они вместили всех желающих. В конечном итоге они читались в большом конференц-зале Института. Но и тут люди сидели в проходе на специально принесенных стульях. Люди шли на эти лекции, чтобы послушать блестящего лектора, основателя Геотектоники и посмотреть на него. Помимо всего это была и политическая демонстрация. Геологический Ленинград приветствовал освобожденного из заключения ученого.

Его книга об основах Геотектоники была создана до того, как появились описания систем островных дуг и позже – срединно-океанических хребтов. Так что во всех его построениях, увы, отстствовали геодинамические модели движений, глубинных характеристик структур и вулканизма. Использование этих данных два десятилетия спустя привело к созданию универсальной геодинамической концепции плейт тектоники.

Невысокий, стройный, изящный, с вздернутой прядью волос и неким-то намеком на «эспаньолку», со стремительной походкой, порывистый и какой-то напряженный, он напоминал сжатую пружину или готового к выпаду фехтовальщика. На нем всегда была элегантная «тройка» с брелком. Последний вызывал оживленные толки: поговаривали, что это брелок Льежского политехникума, который он кончал в 1912 году, но остряки всерьез уверяли, будто это медаль «Десять лет каторги». По слухам, он был неподражаемым мастером ведения ученых дебатов, на которых нам, увы, не довелось присутствовать. Но легенды ходили о его остром языке и беспощадных мгновенных замечаниях. У нас, мало что понимавших в сути этих дискуссий, в долетавших его репликах, конечно же, особое восхищение вызывало полное отсутствие конформизма и какого-либо намека на чинопочитание. Среди

студентов передавались его суждения такого рода: «А что касается академика Наливкина, то ему надо много работать над собой, чтобы достигнуть уровня среднего геолога!».

Нам, нашему выпуску 1957 года, просто посчастливилось, что курс минералогии у нас читал, не побоюсь сказать, великий минералог – Дмитрий Павлович Григорьев. В просторечьи известный как ДэПэ. Он учил, как шаг за шагом восстанавливать генезис минералов по их специфическим чертам – по их морфологии. Он сформулировал то, что сейчас признано минералогами всего мира – онтогению минералов, устанавливающую, что особенности отдельных минеральных индивидов отражают общие черты, присущие минеральному виду в целом.

Рис. 2.4.19. Дмитрий Павлович Григорьев. Зав. кафедры минералогии Ленинградского Горного. Великий советский минералог. Создатель онтогении минералов.

Прямо на наших глазах рождалось новое направление кристаллографии – рентгенометрическая кристаллография, в частности диагностика минералов по их «дебаеграммам» – рентгеновским снимкам порошков, разработанная Виктором Ивановичем Михеевым, издавшим капитальный каталог рентгенограмм всех минералов. Горный на протяжении всех лет своего существавания был колыбелью новых поколений российских геологов. Этому немало способствовало то, что ведущие ученые Горного совмещали преподавательскую деятельность с работой в находившемся в нескольких кварталах от него ВСЕГЕИ, неофициально именовавшимся институтом геологической карты. Это давало им, преподавателям Горного, возможность получать самые свежие данные о геологии одной шестой части земной суши. Эта практика была прекращена на наших глазах в начале 60-х годов, когда совместительство запретили.

Но наиболее существенное изменение коснулось самого главного в Горном – его демократического духа. В погоне за внешним порядком введено обязательное ношение формы и студентами и преподавателями. Вход в институт – только по пропускам, чтоб никого лишнего не толкалось. Смотришь, придешь в «альма матер», а тебя и не пустят на порог. Коридоры обычно пусты – посетители (и студенты!) только нарушают благолепие. Совершенно новая эпоха в развитии исследовательских центров в области наук о Земле связана с созданием Сибирского отделения Академии наук СССР. В первую очередь это относится к созданию Новосибирского академгородка, где выросла новая школа ученых-сибиряков, руководимая В. С. Соболевым, и позднее институтов Сибирского отделения (и Дальневосточного научного центра) в Иркутске, Владивостоке, Хабаровске, Петропавловске-Камчат-

ском и комплексных НИИ в серии других городов. О характерных чертах развития системы этих научных центров рассказано в моей статье *(Эрлих, 2009)*.

Традиционно подготовка инженеров-геологов в России была сосредоточена в Ленинграде. Кроме двух крупных учебных заведений – Ленинградского Горного института, библиотеки и Университета, здесь были музей Горного института, куда поступали лучшие образцы со всех разрабатываемых месторождений. Главным было присутствие здесь ВСЕГЕИ, прямого преемника Геолкома. Редакционный совет этого института утверждал все геологические карты СССР. Все это создавало почти идеальные условия для научно-исследовательской работы геологов.

Именно здесь С. С. Смирновым (1895–1947) была написана упоминавшаяся выше книга, которую знает каждый российский геолог-поисковик *(Смирнов, 1951)*. Другой выдающийся геолог, Ю. А. Билибин (1901–1952), написал классический труд по геологии россыпных месторождений *(Билибин, 1938)*. С. С. Смирновым совместно с Ю. А. Билибиным был создан метод тектоно-металлогенического анализа, легший в основу всех работ ВСЕГЕИ по металлогенической оценке территории СССР. Теоретические разработки практически немедленно внедрялись в практику. С именем Билибина связано открытие алданского золотоносного района, и главное – крупнейшей Колымской золоторудной (и оловорудной) провинции. Им было предсказано существование батолитового пояса, с которым ассоциировались богатейшие месторождения золота, серебра и олова и написана классическая работа «Основы геологии россыпей» *(Билибин, 1938)*.

Не случайно именно во ВСЕГЕИ, в так называемой Центральной экспедиции, велась тема по минералогии шлихоминералогических комплексов Сибирской платформы. Руководителем темы была Н. Н. Сарсадских. С её именем связано внедрение на Сибирской платформе поисков алмазных месторождений по минералам-спутникам алмаза (см. главу 1.9).

Новые крупные месторождения становятся настоящей кузницей кадров горно-металлургической промышленности всего мира. Прекрасный пример тому – влияние опыта немецких горняков на развитие горно-металлургической промышленности России.

Другой замечательный пример являет эмиграция горняков Корнуолла в США и их роль в развитии добычи металлов в месторождениях Скалистых гор.

Возникновение почти каждого нового значительного центра горнодобывающей промышленности сопровождается появлением учебно-исследовательских центров, о чем уже говорилось выше.

Рис. 2.4.20. Академик С. С. Смирнов (1895–1947) – создатель настольной книги поисковиков о зоне окисления сульфидных рудных месторождений. Его прогноз дал новую жизнь медным месторождениям Урала за счет зон вторичного сульфидного обогащения.

Обилие фактического материала в области наук о Земле, которое давала Россия, прежде всего было связано с необходимостью осознания геологии (и географии!) огромных по площади районов, таких как Центральная Азия и Дальний Восток Евразийского континента. Параллельно необходимо было оперативно отвечать на запросы бурно растущей экономики в пополнении запасов минерального сырья.

Поэтому неудивительно, что теоретические исследования чередовались с интенсивными полевыми работами. Не случайно И. В. Мушкетов и К. И. Богданович, профессора Петербургского Горного института, сфотографированы с бородами. Л. И. Красный на фотографии (рис. 2.5.8), хоть и без бороды, но выглядит типичным полевиком.

Рис. 2.4.21. Ю. А. Билибин – геолог, прогнозировавший золотые месторождения Колымы, первый главный геолог Дальстроя, автор книги «Основы геологии россыпей» (1938).

Галерея портретов выдающихся российских ученых-геологов будет неполна, если не поместить фотографию академика А. Е. Ферсмана, ведущего, после В. И. Вернадского, советского геохимика. В числе его достижений обнаружение крупнейших в мире массивов щелочных пород на Кольском полуострове Хибин и Ловозерья, на материалах изучения которых выросло несколько поколений советских геологов. Он автор серии блестящих научно-популярных книг о минералах и минералогии, приведших в геологию множество молодых исследователей. На снимке (рис. 2.4.23) он вышел к станции Мурманской железной дороги после открытия крупнейшего в мире Хибинского месторождения апатитов.

Рис. 2.4.24. Академик А. Е. Ферсман после полевых работ, в итоге которых было открыто крупнейшее в мире Хибинское месторождение апатитов.

Сегодня Горный Институт переименован в университет и более того, в соответствии с главной ориентацией этого учебного заведения он уже и не просто Горный, а «минерально-сырьевой университет», в соответствии с той новой ролью, которая отводится ему в распиле минерально-сырьевых богатств страны. Но до того он вообще-то играл ведущую роль в фундаментальных исследованиях в области наук о Земле. Приведем лишь два примера.

Интенсивный рост мировой экономики и параллельное быстрое исчерпание количества относительно легко открываемых (и достаточно крупных) месторождений резко повышают требования к качеству геологоразведочных работ, освоению новых типов месторождений и сырья. Это ставит вопросы о необходимости усовершенствовании системы профессионального обучения геологов и стимуляции открытия новых промышленных месторождений минерального сырья.

Совершенствование профессионального образования геологов представляет особую тему, выходящую за рамки настоящей работы. Отметим лишь настоятельную необходимость введения курсов, связанных с экономической оценкой разведанных месторождений, а также назревшую необходимость преподавания истории геологических наук. Характер стимулирования остается, увы, старый, сугубо идеалистический.

Традиционный историко-геологический подход, основанный на анализе фаций и мощностей, в середине XX века был дополнен описанием геофизических полей и характера магматизма и режимными наблюдениями над активными геологическими процессами – землетрясениями, извержениями вулканов, составом и температурой источников горячих вод. Толчком к этому явилось описание современных систем островных дуг. Это, наряду с режимными наблюдениями над активными геологическим процессами – землетрясениями, извержениями вулканов, режимом источников горячих вод, проложило путь к переходу в будущем к проведению количественной оценки геологических явлений. Дополнением к этому является изучение глобальной системы срединно-океанических хребтов. Комбинация данных по островным дугам и срединно-океаническим хребтам привела к создании глобальной тектоники плит.

Другая важная тенденция связана с осознанием большой роли плантарных и космических причин, в частности, вращения Земли в формировании структурного и орографического облика нашей планеты.

Основа этих представлений рождалась еще в 50-х годах XX века. Иманно тогда появились блестящие работы замечательного китайского геолога Ли Сы-гуана *(1958)* о структурах вращения. Прямо на наших глазах, в середине XX века, Б. Л. Личков *(1960)* развил оригинальную, математически обоснованную идею тетрагональной симметрии Земли. Тогда же появилась в печати работа Стоваса *(1965)* о критических меридианах и параллелях и книга Г. Н. Каттерфельда о лике Земли *(1962)*. Идеи ротации развивались П. С. Вороновым *(1968)*. Он анализировал закономерности глобального пространственного распределения основных орогенических поясов. Он предсказал приарктические подводные хребты и рассматривал происхождение дисимметрии рельефа полярных областей Земли. В полном противоречии с официальной советской наукой, отрицавшей влияние горизонтальных смещений на древних платформах, он тщательно собирал полученные в ходе геологических съемок данные о глубинных сдвигах вдоль восточного обрамления Анабарского щита и вдоль Уджинской складки. На этой базе было, наверное, впервые в СССР установлено, что к востоку от Анабарского щита располагается структура, соответствующая одному из выделяемых замечательным китайским геологом Ли Сы-гуаном типов вихревых структур – структур типа ξ. Эти

закономерности пространственной локализации структур Павел Стефанович рассматривал в свете астрогеологических идей о решающей роли сил вращения Земли. Так он выступил в роли одного из родоначальников ныне популярных идей о решающей роли сил, генерируемых в Земле вращением планеты. Обилие свободного времени на камералке, образовавшееся благодаря простому геологическому строению районов съемки и групповому методу написания отчетов, и контакты с П. С. Вороновым дали мне возможность расшифровать закономерности геодинамики пространственной локализации кимберлитов и карбонатитов и геодинамики. Немалую роль сыграли в этом и контакты с Павлом Стефановичем. Увы, он не был в фаворе у начальства, которое не давало ему по-настоящему развернуться как ученому.

Главной наградой ученым в области наук о Земле конечно же было открытие месторождений полезных ископаемых. В конце XIX, начале XX века многое было еще впереди – алмазные месторождения Южной Африки, Австралии, России и Канады, железная руда Кривбасса и Курской магнитной аномалии, комплексные месторождения Норильска и Талнаха, нефть и газ Западной Сибири, медь Джезказгана, Балхаша и Удокана, редкие металлы Баюнь Обо и Томтора. Эти открытия толкали вперед развитие науки о рудных месторождениях. Только в конце XIX века была разработана модель алмазсодержащих месторождений. Тогда же, в конце XIX века, в Швеции был впервые описан новый тип месторождений – скарны *(Thörnebohm, 1875)*. Сегодня месторождения, связанные со скарнами, разрабатываются на многие виды минерального сырья от железа и меди до золота, вольфрама, молибдена и флогопита *(Pirajno, 2009)*. Разработке основ генезиса скарнов посвящена обширная теоретическая литература, насчитывающая сотни публикаций. Но, возможно самым ярким показателем признания важности проблемы генезиса скарнов явилась публикация посвященного их геологии специального выпуска Economic Geology, ведущего международного журнала, посвященного рудным месторождениям.

К большому сожалению, от решения судьбы крупнейших горнорудных объектов продолжают самоотстраняться ученые-геологи, профессионально наиболее компетентные в этих вопросах. Максимум, что они позволяют себе – давать научные консультации, решение же об освоении, по их мнению, должно принимать руководство страны (в частности администрация Президента). Ни малейшей инициативы в организации проектов, даже прямо касающихся профессиональных научных интересов того или иного научного института, и речи не идет. Я непосредственно наблюдал это в отношении, по крайней мере, двух объектов: алмазов Попигайской котловины и редкоземельной минерализации массива Томтор. Когда я пишу этот текст для предполагаемого помещения в интернет, я стремлюсь только оставить личное свидетельство о том, что происходило на моих глазах на этих объектах мирового значения, считая это важным элементом истории науки.

Истории открытия и освоения отдельных месторождений рассказаны в предыдущих главах этой книги. Остается ответить на центральный вопрос, поставленный в ее заглавии – о предполагаемых механизмах возаимодействия минеральных месторождений с социальной историей человечества. Важные сами по себе, но побочные по отношению к главной теме проблемы стадийности открытия и освоения минеральных месторождений и изменяющейся роли геологов в этом процессе описаны в главе 2.1.

Литература

Аверьев В. В., 1964, О соотношении между гидротермальной и магматической деятельностью.// В кн.: Проблемы вулканизма (Материалы ко Второму Всесоюзному вулканологическому совещанию). Петропавловск-Камчатский.

Аверьев В. В, А. Е. Святловский, 1961 Вулкано-тектонические структуры Южной Камчатки.// Известия АН СССР, сер. геол., № 6.

Белоусов В. И., Э. Эрлих, 2009, История геотермальной энергетики Камчатки.

Белоусов В. И., Э. Эрлих, 2010, Тепло Земли.

Беммелен ван Р., 1960, Системы течений в силикатной оболочке. В сб. «Вопросы современной зарубежной тектоники».//М., ИЛ.

Беммелен ван Р. В., 1955, Гелогия Индонезии,//М. ИЛ, 395 стр.

Билибин Ю. А., 1938, Основы геологии россыпей. //Москва, Наука.

Брайцева О. А., И. В. Мелекесцев, И. С. Евтеева, Е. Г. Лупикина, 1968, Стратиграфия четвертичных отложений и оледенения Камчатки.//М., Наука.

Билибин Ю. А., 1938(1955), Основы геологии россыпей, Изд. АН СССР, 472 стр.

Булах Андрей Глебович.

Булах А. Г. и др., 2005, Экспертиза камня в памятниках архитектуры: Основы, методы, примеры, СПб, Наука, PDF.

Булах А. Г., В. В. Иванников, 1984, Проблемы минералогии и петрологии карбонатитов.// Л.: ЛГУ, 1984. 241 стр.

Григорьев, Дмитрий Павлович.

Горшков Г. С., 1967, Вулканизм Курильской островной дуги. //М., Наука.

Горшков Г. С., Богоявленская Г. Е., 1965, Вулкан Безымянный и особенности его последнего извержения 1955–1963 гг.// М., Наука.

Воронов П. С., 1968, Очерки о закономерностях морфометрии глобального рельефа Земли.//, «Наука», Л. 122 стр.

Заварицкий А. Н., 1955, Вулканы Камчатки.//Труды Лаборатории вулканологии АН СССР, вып. 10.

Заварицкий А. Н., 1950 Введение в петрохимию изверженных горных пород.// М. Изд-во АН СССР.

Каттерфельд Г. Н., 1962, Лик Земли и его происхождение.// М., 152 стр. Кольская сверхглубокая скважина.

Коржинский Д. С., 1974, Взаимодействие магм с трансмагматическим флюидами.// Записки Всес. Минералогического общества, ч. 103, вып. 2, стр. 173–178.

Лапин А. В., А. В. Толстов, 1993, Новые уникальные месторождения металлов в корах выветривания карбонатитов.//Разведка и охрана недр, № 3, стр. 7 – 11.

Ли Сы-гуан, 1958, Вихревые структуры Северо-Западного Китая.// М.: Госуд. научно-техн. изд. литературы по геологии и охране недр. 132 с.

Личков Б. Л., 1960, Природные воды Земли и литосфера.//Записки ГО, № 19, АН СССР, М., Л.

Лучицкий И. В., ред., 1974, История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока. Камчатка, Курильские и Командорские острова.// М., Наука, 243 стр.

Масайтис, В. Л., 2005, Где там алмазы? (сибирская диамантиада).//СПб, Издание ВСЕГЕИ.

Мелекесцев И. В., 1980, Вулканизм и рельефообразование. // М. Наука, 210 стр.

Проект Мохол.//Материал из Википедии – свободной энциклопедии.

Святловский А. Е., 1971, Структурная вулканология изд. «Недра» Москва, 232 стр.

Святловский А. Е., 1967, Очерк истории четвертичного вулканизма и тектоники Камчатки. // М.: Изд-во «Наука».

Святловский А. Е., 1959, Атлас вулканов СССР. // М., Издательство АН СССР, 173с.

Смирнов С. С., 1951, Зона окисления сульфидных месторождений. // Москва, Издательство Академии Наук СССР, 1951, 334 стр.

Стовас Б. Л., 1965, К основам теории Земли. // Издательство ЛГУ, 117 стр.

Тополянский, В. Д., 1996, Вожди в законе.//Изд. Права человека, М., 352 стр.

Умбгров Дж., 1952, Островные дуги. // В сб. «Островные дуги». М., ИЛ.

Шанцер А. Е., А. И. Челебаева, А. Р. Гептнер, 1966, Стратиграфия и корреляция неогеновых отложений хребта Тумрок и некоторых других районов Камчатки. // М. Наука.

Штейнберг Г. С., 1966, Строение земной коры Южной Камчатки и структурно-тектоническое позиция четвертичных вулканов. // Доклады АН СССР, т. 166, № 2.

Штейнберг Г. С., Балеста С. Т., Зубин М. И., Таракановский А. А., 1966, Геологическое строение Авачинского вулкана по геофизическим данным. // М. Наука; Электронные версии научных журналов

Эрлих Э., 20014, Предтеча.

Эрлих Э., 2012, Очерки по геологии островных дуг.

Эрлих Эдвард, 2009, Пропущенная глава.

Эрлих Э., 2006а, Месторождения и история.//Издательство Политехнического университета, Санкт-Петербург, 174 с.

Эрлих Э. Н., 2006, Найти месторождение.// Звезда, № 12; № 12, стр. 69–88.

Эрлих Э. Н., 2004, Найти месторождение.//Звезда, № 10, № 10, стр. 181–201.

Эрлих Э. Н., 1973, Современная структура и четвертичный вулканизм западной части Тихоокеанского кольца.// Новосибирск, Наука, 243 стр.

Эрлих Э. Н., И. В. Мелекесцев, 1973, Основные стадии четвертичного вулканизма и тектонических преобразований в западной части Тихоокеанского кольца. // Бюллетень МОИП, т. 48, по. 3, стр. 5 – 24;96.

Эрлих Э. Н., Г. А. Слонимский, 1987, Грани алмаза. Страна и Мир, № 2 (38), стр. 89.

Юзмухаметов, Р. Н., 2004, Звездный час и трагедия Ларисы Попугаевой. // Якутск: Бичик, 64 стр.

Bardet M. G., 1964, Control geotectonique de la repartotions des venues diamondiferous dans le monde.//Chronique des Recherche Miniere: 328–329: 67–89.

Bohdanowisch K. I., 1904, Geologische Skizze von Kamtschatka, // Peterm.Mitttteil., Bd. 50, H. 3–8, p. 1 – 34.

Erlich, E. I., and G. A. Slonimsky, 1986, Diamonds in the ice (untold story of the exploration for Siberian diamonds). // Trans. of VIII Alaska Placer Mining Conf., Fairbanks, Alaska, p. 13–22.

Erlich, E. I., G. S. Gorshkov, eds., 1979, Quaternary vulcanism and tectonics in Kamchatka. // Bull.Volc. 42, 1–4.

Pirajno F., 2009, Hydrothermal Processes and Mineral Systems // Springer, 1273pp.

Reinout Willem van Bemmelen. // Wikipedia, the free encyclopedia.

Simon Winchester, 2009, Map that changed the World. William Smith and the birth of Modern Geology (P. S.). Harper Collins Publishers.

Scmandt B., Jacobsen S. D., Becker T. W., Zenxian Liu, K. D. Duecker, 2014, Dehydration melting on the top of the lower mantle. // Science, 344, 165 – 1268;

Törnebohm A. E., 1875, Geognostic beskrifning ofver Persbergets Grufvefalt.//Sverige Geol. Undersokning, Norstedt and Sons, Stockholm.

Глава 2. 5. Как открывают и как пропускают месторождения

Их имен благородных мы здесь перечислить не можем,
Так их много хранится под охраной гранита.
Но знай, внимающий этим камням,
Никто не забыт и ничто не забыто.
О. Берггольц

Эта глава посвящена истории открытия крупнейших месторождений минерального сырья России – алмазных месторождений Сибири, Норильска, Талнаха и Томтора, известной автору по личному опыту. Я хочу показать, как протекает процесс открытия, и в результате чего месторождения пропускаются.

Этапы обнаружения и освоения месторождений. Роль геолога

Очень условно историю нахождения и освоения месторождений можно разбить на несколько этапов:

1. Первая находка руды.
2. Оценка месторождения и «создание его модели».
3. Разведка и подсчет запасов.
4. Строительство рудника и начало добычи сырья.

Это, конечно же, идеальная схема. В реальности эти этапы не разделены и зачастую «совмещаются» один с другим. Роль геологов и требования к ним в ходе этих этапов изменяются. На *первом этапе* от него (Геолога) в основном требуется глаз, острое умение наблюдать. На *втором* он должен проявить эрудицию и по отрывочным данным минералогического состава и геологической обстановки определить возможный тип предполагаемого месторождения, найти правильный аналог его. *Третий этап* от геолога требует в основном технического мастерства, аккуратности в оконтуривании границ месторождения, опробовании его руд для достоверного подсчета запасов минерального сырья. В *четвертый этап* на первый план выходит маркетинг месторождения, доказательство выгодности его разработки, определение возможных потребителей добываемых компонентов на мировом рынке. Здесь, по моему мнению, особо необходимо, чтобы геолог проявил гражданское мужество и широту подхода, добиваясь освоения месторождения.

После подсчета запасов и маркетинга наступает эпоха освоения месторождения. То, во что воплощаются заключенные в нем богатства, целиком зависит от тех, кому месторождение принадлежит, – от широты их государственного и человеческого кругозора. Вперед властно выступают технические проблемы добычи и переработки руды. Геологи разве что проводят дополнительную разведку, чтобы пополнить запасы и не дать месторождению истощиться, дать горнометаллургическому комбинату пищу – руду месторождения.

На первом этапе речь идет на самом деле не о месторождениях, как они определены в самом начале книги, а о рудопроявлениях и, соответственно, о первонаходителях оруденения.

Конечно же геолог, первый нашедший руду, это уже не конь Рамелус: он работает не копытом, а в соответствии с древним благородным девизом своей профессии «**Умом и Молотком**», и приносит первые, самые первые данные о рудоносности района. Но с чем

он имеет дело, оценить, с каким оруденением он встретился и каковы его масштабы, он не может: работы его предварительны, данных почти нет.

Как видно из описаний историй находок и освоения месторождений, помещенных в части I настоящей книги, залогом открытия (а потом и освоения) месторождений является то, что имеется человек, который прямо занимается этим и не боится отстаивать свое мнение в борьбе за открытие, не боится поставить на кон и свою репутацию, и судьбу. Он совсем не обязательно геолог, этот человек. Важнее другое – он понимает значимость того, что он нашел. Таким был Кадм, оценивший значимость корнуолльских оловорудных месторождений и, по всей видимости, организовавший доставку оловорудных концентратов в Средиземноморье, где они создали основу античной Греции времен Илиады. Таким был архитектор Огюст Монферран, понявший значимость качества гранита Питерлакского месторождения раппакиви для предполагаемого строительства Исаакиевского собора. Таким был Николай Николаевич Урванцев, не побоявшийся встать против мнения самой авторитетной геологической организации страны – Геолкома, и представивший свое мнение о необходимости продолжать работы в Норильском районе председателю ВСНХ Ф. Э. Дзержинскому. В этом и состояла принципиальная разница между ним и Д. А. Додиным, который просто написал в отчете о возможном наличии крупного месторождения в районе будущего Талнаха и на этом успокоился.

Первонаходители, кто бы они ни были, обычно люди без денег, и они бывают отброшены, как только закончены разведка или освоение открытых ими рудопроявлений. На смену им приходят люди, которые по тем или иным причинам смогли оценить природу открытия и достать деньги на его развитие и освоение. Это могут быть геологи, а могут быть люди, не имеющие никакого отношения к геологии, но понявшие потенциальную рыночную ценность рудопроявления. Выше уже говорилось о роли легендарного Кадма, правильно оценившего оловорудные проявления Корнуолла и организовавшего регулярную доставку олова в Средиземноморье. Конечно же, он – мореплаватель, купец, пират, – ничего не знал о геологии. Да и понятия такого тогда не было – оно появилось несколько тысяч лет спустя. Но у него, изобретателя первого в мире фонетического алфавита и основателя греческих Фив, достало кругозора (или знаний), чтобы оценить последствия завоза в Грецию олова, положившего начало бронзового века античной Эллады. Конечно же, именно его и надо считать первооткрывателем этих легендарных месторождений.

Рассмотрение примеров того, как именно протекал процесс открытия месторождений, показывает, что во всех случаях этот процесс происходил при очевидном недостатке эмпирических данных о геологии рудопроявления. Геолог вынужден перешагнуть через провалы в фактическом материале. Этот процесс можно ближе всего охарактеризовать, как озарение. Сравнение того, что происходило при открытии Норильска I, Талнаха, «Мира», Томтора показывает, что главнейшим было построение модели образования месторождения (естественно, с тщательнейшим учетом всех имеющихся данных).

Разрыв во времени между первой находкой руды, оценкой рудопроявления и разведкой очень важен. Значительна и разница в объемах необходимых ассигнований. Большинство первонаходителей не выдерживает этого разрыва во времени. Поэтому продажа «клейма», заявки, за бесценок – обычное дело.

Комсток, по имени которого названо богатейшее серебряное месторождение Северной Америки, обменял десятую часть своих акций на слепую лошадь и бутылку виски. Австралиец Джордж Харрис, зарегистрировавший первый клейм на территории Витватерсранда, продал свою заявку за 10 долларов.

Ситуация с необходимостью в капиталовложениях на следующем этапе исследования, охватывающем разведку и, иногда, минуя эту стадию, первые этапы освоения месторождения, вкорне меняется, – соответственно изменяются и требования к геологам. Теперь глав-

ное – необходимость определить генетический тип рудопроявления. Это является решающей предпосылкой для определения его потенциальных перспектив. Требования к геологам на этом этапе очень велики. От их знаний, интуиции, предлагаемых ими решений, от их дальновидности и мужества зависит судьба месторождения. Данные о геологии рудопроявления на этом этапе исследований отрывочны и, уж во всяком случае, недостаточны, поэтому от геолога требуется интуиция, широкое знание литературы и умение «отстроить» модель генезиса предполагаемого месторождения, «перешагивая» через факты.

Замечательный пример успешной работы геолога на этом трудном этапе является урановое месторождение Шварцвальдер в передовом хребте Скалистых гор штата Колорадо. Установление полной аналогии его руд с рудами знаменитого месторождения Шинколобве (Конго), сделанное замечательным американским геологом Гёрсоном Броди и подтвержденное последующими исследованиями, определило его судьбу, сделав его главным источником урана Соединенных Штатов. Гёрсон стал руководителем горных работ на этом месторождении.

Не менее характерна история обнаружения и освоения месторождений Норильск и Талнах, рассказанная в очерке, вошедшем в главу 1.7. Поэтому здесь мы рассмотрим лишь дополнительные вопросы, главным образом связанные с судьбами их первооткрывателей – Н. Н. Урванцева и Г. Д. Маслова. Но важно четко сказать, что главная заслуга Урванцева состоит не в открытии медно-никелевого оруденения, – оно было открыто купцом Сотниковым, – а в установлении, что первичная минерализация относится к типу Седбери: полностью аналогична крупнейшему медно-никелевому месторождению мира (с попутной платиновой и кобальтовой минерализацией). Я думаю, что именно эта аналогия сыграла решающую роль в том, что Ф. Э. Дзержинский поддержал предложения Урванцева о продолжении работ в районе. Кстати, платина была аналитически установлена в норильских рудах лишь в 1923 году. Недаром же и месторождение было названо Н. Н. Урванцевым Норильск I, поскольку он изначально верил (обоснованно, по аналогии с Седбери) в то, что здесь будет найдено много аналогичных месторождений.

В начале XXI века ситуация, в которой происходит (или должно происходить!) открытие новых месторождений, резко осложнилась. Требования экономики к количеству и типам сырья резко возросли, а число относительно легко открываемых месторождений резко уменьшилось. Мотивация к открытию осталась на прежнем уровне, т. е осталась чисто идеолистической. Зато резко возросло число факторов, которые гелог должен учесть в процессе открытия. Еще вчера основным требованием к геологу было знание и понимание химии и физхимии. Сегодня к этому присоединилась необходимость понимания законов геодинамики. И самое главное – резко усилилась необходимость понимания тенденций развития и потребностей экономики. Еще вчера ненужные компоненты сегодня становятся необходимыми для прогресса промышленности. Примеры вступления в оборот молибдена (см. Гл. 1.6), титана, урана достаточно известны.

Кто открыл Норильск и Талнах

После всех примеров, приведенных в конкретных очерках первой части книги, разговор о том, что такое открыть месторождение, лучше всего иллюстрируется судьбой двух геологов, открывших Норильск и его спутник – Талнах. То, что материал в его основе уже изложен, избавляет меня от необходимости повторения фактических деталей и, напротив, дает возможность сосредоточиться на наиболее общих, а значит, наиболее острых и важных вопросах.

Материал по биографии обоих героев этих событий собран в значительной степени С. В. Тихомировой на сайте G-t-G (геолог-геологу). Основой и вдохновляющим началом его

явилось желание автора воздать должное памяти своего учителя и человека, которого она, видимо, любила, – профессора МГРИ М. К. Бахтеева. Я говорю об этом потому, что, только исходя из этого можно понять содержание этого сайта. Основой сайта является «Книга Памяти» [2.3]. Тихомирова говорит о том, что целью этой книги является сбор и публикация материалов о геологах, погибших в результате сталинских репрессий. Между тем это не совсем так – возможно, материал ее увлек и повел. Ведь, скажем, Г. Д. Маслов никогда не был репрессирован, а наоборот, казалось, был вполне успешен в карьере: ведь был некоторое время главным геологом Норильского комбината, получил звание Героя Социалистического Труда, – высшую награду за трудовые заслуги. Именно собранные С. В. Тихомировой материалы и легли существенно в основу ниже приводимого рассказа об Н. Н. Урванцеве и Г. Д. Маслове.

Создание этого сайта и представленный на нем материал очень значительны. Он, ввиду достоверности и тщательности подготовки, широко используется и геологами, и общественными деятелями, работающими в соответствующих областях.

Начнем с Урванцева. Никто не оспаривает того, что Николай Николаевич – первооткрыватель Норильска. Нам же сейчас важно понять, что, собственно, он сделал, чтобы Норильск стал Норильском. На сайте В. С. Тихомировой очень экспансивно доказывается, что руды в районе Норильска были найдены не Урванцевым, а купцом Сотниковым, что истинная правда. Но дело не в этом. Сотников не только нашел медные руды, но и создал в районе Норильска первое металлургическое предприятие – печь, которая давала медь. Фото Н. Н. Урванцева и Г. Д. Маслова приводились в главе 1.5.

Урванцев прибыл сюда, в район будущего Норильска, чтобы оценить угольные проявления (опять же, давно тут известные): могут ли они обеспечить перевозку пароходами вверх по Енисею оружия Колчаку. И вот тут он и застал печь Сотникова и готовые данные о медном оруденении.

Новым, что дала деятельность Урванцева, было определение природы оруденения.

Он ее правильно понял, практически не имея никаких геологических материалов. Он определил присутствие в пирротин-халькопиритовой (то есть железно-медной) руде пентландита – никельсодержащего сульфида. И первые же химические анализы подтвердили присутствие никеля, хотя и в очень небольших количествах. Главное, Урванцев определил геологическую природу открытого им месторождение – он считал его аналогом канадского месторождения Седбери. Это давало основание ожидать, что месторождение станет источником не только меди и никеля, но и кобальта, и металлов из группы платиноидов. Медные минералы, из которых выплавлял металл Сотников, Урванцев справедливо считал результатом вторичного окисления руд. И более того: он понял, что здесь можно ожидать открытия очень больших месторождений никеля. Недаром он назвал найденное им рудопроявление (термин месторождение будет приложен к этому рудопроявлению позже, после завершения разведки) Норильск I. С его точки зрения, это было лишь первое из многих рудопроявлений аналогичного типа, которые, по его убеждению, будут открыты в этом районе. Это последнее предсказание могло быть только результатом озарения, ведь у Урванцева не было не только каких-либо геологических и геофизических материалов о строении района, но даже топографических карт и аэрофотоснимков. Именно поэтому он взял на себя отчаянную смелость доказывать необходимость проведения геологических работ в этом заброшенном районе. Предсказание оправдалось. Уже после первых разведок в 1926 году было открыто и описано месторождение Норильск II.

Много лет спустя совсем другой геолог нашел рядом не меньшее месторождение Талнах, а рядом было обнаружено еще одно месторождение того же типа – Октябрьское.

С учетом общего экономического положения страны исследование вновь открытого месторождения в заполярной глуши было нерентабельным – у страны было куда как много

действительно неотложных задач. Решение принималось на уровне ВСНХ (Всероссийский Совет Народного Хозяйства), и по тем временам не оправдавшиеся прогнозы были равносильны смертному приговору. Урванцев нашел в себе мужество доказывать свою точку зрения. И, как теперь говорится почти во всех материалах об основании Норильска, «сумел убедить в своей правоте» Ф. Э. Дзержинского, всемогущего главу ВЧК – политической полиции. Об этом сейчас стыдливо молчат, но решение о строительстве города и комбината было результатом общего решения этих двух людей, противопоставивших свое видение мнению толпы высокопоставленных чиновников. Один имел научную широту анализа и смелость отстаивать свое мнение и предсказал наличие здесь уникального по масштабам месторождения; второй принял на себя риск решения о строительстве города и комбината (несмотря на высокое положение, риск принятия такого решения был для Дзержинского тоже очень велик). Строительство могло быть проведено и реально было проведено за счет создания здесь Норильсклага. Первый из двух упомянутых людей и стал его самым знаменитым заключенным.

На сайте Тихомировой есть раздел – что дали Таймыру работы Урванцева. Там приводится данное 18 августа 1998 года интервью сотрудника газеты Заполярной Правды С. Траубергса с главным геологом комбината В. Е. Куниловым. В нем прямо говорится:

«Его (Урванцева) след на таймырской земле незаметен. Он оставил след как топограф, географ, путешественник и публицист. Он красиво пишет. Только этим я объясняю его популярность. Но мне совершенно непонятно, как можно было исходить весь Таймыр и даже Северную Землю и при этом ничего не обнаружить. Он ведь буквально топтался по полезным ископаемым и при этом умудрился ничего не заметить. Все геологические открытия в Норильске сделаны до Урванцева или после него (Северная Земля, Хатанга, Талнах – даже вопреки его прогнозам – и другие».

На этом фоне нелишне привести официальные данные об открытии месторождений в районе.

Месторождение Норильск I (1920 год), первооткрыватели Н. Н. Урванцев и А. А. Сотников. Было главной рудно-сырьевой базой Норильского комбината вплоть до 50-х годов. В 1926 открыто месторождение Норильск II, первооткрыватели Н. Н. Урванцев и Б. Н. Рожков. В 1949 году открыто месторождение Имангдинское, первооткрыватели Ю. А. Спейт и Г. А. Комаров; в 1940 году открыто месторождение Горозубовское, первооткрыватель Ю. М. Шейнманн (работал геологом, будучи зека); в 1943 году месторождение Черногорское, первооткрыватели П. И. Трофимов и Г. Ф. Одинец. Месторождения эти были невелики по размерам и не восполняли истощающиеся запасы Норильска I, но сам этот ряд открытий явился блестящим подтверждением прогнозов, данных Н. Н. Урванцевым в 1920 году.

К этому можно только добавить, что эти месторождения открывались в тот самый период, когда главным геологом комбината был не господин Кунилов, а зек Урванцев. Только звериная зависть и ненависть ничтожества к таланту может объяснить вышеприведенные слова. Заметим тут, что говорились они всемогущим главным геологом официальной газете. Можно было не стесняться и быть уверенным в том, что они будут доведены до сведения горожан. Учитывая это, можно быть уверенным, что Кунилов прямо говорил, что думал.

Там же, в уже цитированном интервью, чуть ниже говорится, что открытие другого месторождения – Талнаха явилось крупнейшим достижением геологической службы страны за все время ее (службы) существования. Что и говорить, открытие Талнаха дало второе дыхание и комбинату, и городу. Оно связано с именем другого замечательного геолога – Г. Д. Маслова. Обойдено молчанием, что открытие месторождения масштаба Талнаха (тогда еще неизвестного) было главной задачей геологической службы комбината, во главе которой на протяжении длительного времени и стоял В. Е. Кунилов. И вот на этого второго человека, продолжившего работу Урванцева, и перенес Кунилов всю свою злобу.

В биографии Г. Д. Маслова (1915–1968), пожалуй, главная черта – посконность, обыденность. Выходец из многодетной крестьянской семьи Уфимской губернии, получивший образование в провинциальном Казанском университете, он всю свою профессиональную жизнь исполнял самые забубенные (могут сказать, необходимые, но Боже, какие забубенные!) обязанности: работал в геологическом отделе комбината, был начальником партии, занимавшейся стройматериалами. Он, видимо, очень хорошо знал, как нужны комбинату и городу эти самые мергели и глины. В материалах по его биографии с умилением сообщается, что он открыл новое керамическое сырье – алевролиты. Наверное, они были новы для Норильска, но Светлана Гунина и Елена Мужайлова, составлявшие этот материал, видимо, не знали, что алевролиты еще за 100 лет до этого использовались как керамическое сырье для шлифовки гранитных монолитов Исаакиевского собора в Санкт-Петербурге (см. очерк о последней мегалитической стройке в настоящем издании книги). В 1946 году по инициативе Г. Д. Маслова были пересмотрены материалы по Каларгинскому месторождению известняков, перспективному как сырье на производство цемента. Четыре года аспирантуры в ГИНе (Геологический институт Академии наук в Москве) были, видимо, отдыхом для него. После защиты кандидатской диссертации он был назначен начальником партии, через год – начальником геолого-стратиграфической партии, затем – зам. главного геолога Норильской экспедиции. Под его руководством составляются геологические, металлогенические и прогнозные карты на никель – необходимейший материал при планировании поисковых работ. Словом, он, как никто другой, знал все детали геологии района. Но вся его работа по прогнозированию Талнаха явилась в прямом смысле слова результатом озарения, – в точности, как работа Н. Н. Урванцева по открытию Норильска I. Да, в его распоряжении, в отличие от Урванцева, был полный комплект геологических карт и геофизических материалов. Но в условиях практически горизонтально залегающих толщ чехла платформы провести линию рудоконтролирующего Норильско-Хараелахского глубинного разлома и предсказать положение залегающих на глубине рудных тел можно было только на основе интуиции.

Только на основе интуиции (озарения?) можно было еще в 1962 году указать на перспективность рудопроявлений медно-никелевых руд, которые в 2009 году были в результате экспертизы переведены в разряд месторождения, названного Масловским.

Лишь несколько лет спустя, в 1961 году, геологическая служба Норильского комбината решила провести тут бурение. Руководил работами геолог Г. Д. Маслов, замещавший на период отпуска главного геолога Норильского комбината В. Н. Егорова. Маслову и принадлежит честь находки Талнаха. Естественно, он знал о «рудных гривках», найденных геологами НИИГА, и хотел в числе прочих задач проверить и их. Эпоха была другая по сравнению со временем находки Норильска I, и человек, с именем которого неразрывно связана находка Талнаха, Г. Д. Маслов, был другой. У Урванцева какие-либо материалы по геологии района, а зачастую и хорошие топографические карты отсутствовали. Маслов имел в руках геологические карты масштаба 1:200 000, составленные на основе маршрутов геологов по сетке через 2 км, аэрофотоснимки; он располагал результатами многолетних дискуссий о возможных закономерностях пространственной локализации минерализации. Сам он пытался нарисовать картину рудоконтролирующих разломов. Да еще имел в руках все данные о находках рудных валунов и рудных гривках. Неудивительно, что к началу заключительного этапа работ он выражал уверенность, что «в этот раз мы найдем руду». Уверенный в своих профессиональных знаниях, был он человек резкий во мнениях. Естественно, начальство его недолюбливало. Поэтому мне кажется весьма вероятным приведенный в очерке об открытии Талнаха апокрифический рассказ.

Для меня в воспоминаниях Ю. Лившица *(2008)* об открытии Талнаха одной из наиболее важных деталей является упоминание о том, что Г. Д. Маслов не только пытался проследить рудоконтролирующий разлом, но и обратил внимание на сходство состава тел на Тал-

нахе и в Норильске. Именно искать магматический массив, сходный с Норильским, послал он своего помощника В. Нестеровского. Возможно, именно это сходство определило выбор места для скважины, вошедшей в руду на Талнахе. Блестящая находка Талнаха затмила, возможно, более значительную для подтверждения идеи Г. Д. Маслова находку вкрапленной минерализации на другом конце предполагаемого им рудоконтролирующего разлома близ Норильска I. Не случайно Норильский разлом стали называть разломом Маслова.

Конечно же, это было совершенно нетерпимо в кастовой системе советской геологической службы, тем более в замкнутом кругу геологической службы Норильского комбината. Его стали откровенно выживать. От разведки Талнаха его отстранили. Более того, не включили его имя не только в список лауреатов премии за Талнах, но даже не включили его в список первооткрывателей. Эта мелкая, но изматывающая административная травля, особенно сразу после блестящих побед, создала фон, на котором Г. Д. Маслов через три года, в возрасте 43 лет скоропостижно скончался от рака. Да, конечно, улицу в Талнахе назвали его именем – не жалко же! Теперь это ничего не меняет.

Любые рассказы о геологах – первооткрывателях месторождений (типа Урванцева или Маслова) или законов Природы (типа Тетяева) обычно начинаются с перечня наград, которые получили эти люди. Возможно, именно пример Маслова наиболее характерен. Его работы принесли стране (государству) неисчислимые богатства.

Сегодня геологи, ведущие экскурсии по Талнахскому руднику, на все лады рассказывают о выдающихся достижениях Маслова: о том, как он провел линию рудоконтролирующего разлома и задал скважину, с первого же раза прошедшую десятки метров по богатой руде. Но это самый низший, чисто профессиональный уровень признания заслуг первооткрывателя.

Месторождение это столь богато, что можно без преувеличения сказать, что все годы после открытия Талнаха вся Россия существенно жила за счет богатств его недр. Спасение Норильского горно-металлургического комбината и города Норильска составляет лишь малую долю следствий этого открытия.

И людям, которые дали своим героическим трудом огромные богатства стране, в награду дается жестяной значок и три или четыре (насколько я помню!) минимальных средних зарплаты. Даже если я ошибся и дается пять минимальных зарплат, какое издевательское соотношение! Что до Урванцева, то он «за давностию лет», видимо, и этого не получил.

Учитывая исключительную важность открытия для самого существования города и комбината, естественно, сразу после сообщения об этом открытии Маслов указом Президиума Верховного совета СССР был награжден высшим званием страны Героя Социалистического Труда. Что характерно, одновременно ту же награду получил начальник буровой, чья скважина прошла по богатой руде. Кстати, уже тут обнаруживается традиционное для советской системы приравнивание научного открытия к чисто технической операции – бурению скважины. Не менее интересно в этом отношении и то, что предыдущая в этом материале биография (А. Логинова) рассказывает о человеке, главная заслуга которого состоит в том, что он «нашелся» и толково рассказал И. В. Сталину об итогах поездки металлургов в США.

О том что произошло дальше – о травле Г. Д. Маслова рассказано выше. Объяснить ее можно только лютой ненавистью и завистью к человеку, совершившему профессиональный подвиг. Полное подтверждение этого предположения дает приведенное выше заявление главного геолога комбината В. Е. Кунилова, сделанное (вырвавшееся!) в интервью местной газете «Заполярная Правда».

При рассмотрении истории открытия и освоения медных месторождений этапность открытия в связи с этапностью поисково-разведочных работ проявилась, возможно, особенно четко. Казахские Джезказган и Коунрад и узбекский Алмалык были открыты по следам древних выработок, давших толчок к постановке разведки. Быстрая оценка масштабов

минерализации в обоих районах, правильное определение генетической модели рудопроявлений, данных К. И. Сатпаевым и М. П. Русаковым (см. глава 1.3) и их упорство в отстаивании своей точки зрения привели к быстрому решению вопроса об освоении казахстанских месторождений. Здесь вполне можно оценить соотношение первооткрывателей и тех, кто принимает решения об освоении месторождений – будь то государственные деятели и руководители горнорудных компаний. В рассказе об освоении Норильска говорилось о том, что Н. Н. Урванцев смело отстаивал свою точку зрения о необходимости срочного освоения Норильска против Геолкома. Его союзником в этом был Ф. Э. Дзержинский. Решение о строительстве Кузнецкого комбината и освоении Кузбасса было принято во многом благодаря И. П. Бардину. Благополучная судьба этого ученого и К. И. Сатпаева во многом связана с их молчаливым признанием методов освоения месторождений и индустриализации за счет строительства лагерей и каторжного труда рабочих. В остальном они, первооткрыватели, использовались системой. И будут ли они признаны таковыми, зависело от борьбы разного рода начальства среднего уровня за славу открытия и связанный с ними почет. Борьба эта была бескомпромиссна и беспощадна. В методах не стеснялись. Они зачастую переходили все нормы уголовного кодекса. Это особенно хорошо видно на примере открытия алмазных месторождений Сибири.

Как открывались алмазы Сибири

Открытие алмазных месторождений Сибири – одна из наиболее эпических страниц истории геологических исследований России. Описание различных сторон ее можно найти в десятках работ. Как справедливо говорил В. Л. Масайтис *(2005)*, только очень ленивые не писали об этом. Беда в том, что большинство описаний ограничивалось рассказом о драматической истории находки первой кимберлитовой трубки Сибири «Зарница». Тем не менее, показателен сам по себе факт неугасающего интереса к этой истории. Обилие публикаций избавляет от необходимости повторного изложения общеизвестных фактов и дает возможность сейчас, более чем через 60 лет после этих событий, проанализировать разные ее стороны и попытаться оценить значение разных факторов, приведших к столь блестящему результату. Фактически же история алмазных месторождений Сибири началась с открытия другой трубки – «Мир». Тут во всех деталях была повторена история находки «Зарницы» *(Баскина, 2001)*. Ведь «Зарница» и не была алмазным месторождением – она была признана таковым лишь много лет спустя, и то запасы алмазов здесь забалансовые.

Открытие алмазных месторождений Сибири стало символом достижений советской геологии. Эта эпопея развернулась на огромной территории междуречья Енисея и Лены, она длилась несколько десятилетий и в ней приняли участие множество геологических организаций. Организационно успех был обеспечен созданием вне обычной структуры территориальных геологических управлений специализированной экспедиции, отвечавшей за поиски алмазных месторождений.

Общие черты этой истории рассказаны в главе 2.1.1 Здесь достаточно только резюмировать, что само создание такой организации было воплощением способности социалистической системы хозяйства сосредоточить усилия на узком, потенциально самом важном для экономики участке фронта работ. Но, конечно же, в соответствии с традициями этой самой экономики они, эти организации, носили все характерные черты лагерных «шарашек».

Точность предсказания была определена не только талантом и кругозором Юрия Михайловича Шейнманна, но и и знакомством его с материалами о геологии и магматизме Котуй-Маймечинской провинции ультраосновных-щелочных пород, расположенной к западу от Анабарского щита. Очень много говорится о том, что открытие явилось результатом прогноза В. С. Соболева. Мне уже приходилось писать об этом *(Эрлих, 2004, 2006,*

2012). Это совершенно не соответствует действительности, и сам Владимир Степанович, – по крайней мере до 1957 года, не говорил об этом. Говорится также о значимости указания на то, что алмазные месторождения должны локализоваться в пределах Сибирской платформы. Это исключало из зоны поисков горные области Патомского нагорья и Енисейского кряжа. Г. Г. Моор в докладе на очередном Международном геологическом конгрессе в 1937 году впервые обратил внимание на сходство геологических ситуаций на Южноафриканской и Сибирской платформах. Позже, в 1966 году, было сформулировано так называемое правило Клиффорда, установившего общую закономерную приуроченность алмазных месторождений к областям кратонизированных блоков древних платформ *(Clifford, 1966)*. Между этими двумя публикациями не оставалось места для научного прогноза исключительной связи алмазных месторождений с Сибирской платформой. Оставалось, однако, место для влияния на административное решение о концентрации поисков на территории платформы. Вот именно это административное решение и было принято под влиянием М. М. Одинцова и В. С. Соболева. Сейчас трудно сказать, кто из них двоих сыграл решающую роль в этом важном решении. Да и не важно это, в конце концов. Что реально было большим вкладом Владимира Степановича, это публикация сводки данных о геологии мировых алмазных месторождений *(Соболев, 1951)*. Она дала в руки российским геологам весь мировой материал, необходимый в процессе поисков алмазных месторождений. Вполне вероятен поэтому рассказ о том, что именно эта книга была «настольной» у первооткрывательницы первой кимберлитовой трубки Сибири Л. А. Попугаевой.

Главным руководителем поисков в этот период был один из старейших геологов-алмазников России М. М. Одинцов. Именно с его именем связано образование Амакинской экспедиции (он прекрасно понимал необходимость создания централизованной организации, которая отвечала бы за проведение поисков). И по его настоянию был осуществлен перенос главной площади поисков алмазов на Сибирскую платформу. Когда же решение о создании Амакинской экспедиции было принято, ее кадры были существенно укомплектованы за счет выпускников геологического факультета Львовского университета – школы В. С. Соболева.

Концентрация основных поисковых усилий на Сибирской платформе потребовала прежде всего выявления площадей, максимально зараженных алмазами. Это подводило к пониманию областей потенциального сноса алмазов. Недаром крупнейшим поисковым достижением этих лет была находка знаменитой Соколиной косы на Вилюе. Это явилось основным толчком для решения о переносе поисковых площадей из бассейна Тунгуски в бассейн Вилюя.

Главной проблемой в поисках алмазных месторождений Сибири было вовсе не предсказание их местонахождения с точностью до ±100–200 км, что, конечно, было бы хорошо, но не решало проблемы, а создание генетической модели алмазных месторождений. От этого зависел выбор метода поиска. Именно на этом фоне и следует рассматривать историю открытия трубки «Зарница». Вопрос о том, с какого типа породами связаны алмазные месторождения, был решен в конце XIX – начале XX века южноафриканскими геологами. Было общепризнанно, что алмазы связаны с трубками (диатремами) кимберлитов *(Wagner, 1914)*. Тогда же была установлена связь с кимберлитами особого типа магнезиальных гранатов – пиропов. Это положение стало общим местом и вошло в учебники минералогии.

Первые описания кимберлитов и подобных им пород на территории России были сделаны в конце 20-х – начале 30-х годов. Они связаны с именами Н. Н. Урванцева (1895–1985) и Г. Г. Моора (1907–1958). Важно отметить, что в период, когда делались эти находки, они не рассматривались как путь к открытию алмазных месторождений, а скорее как описание петрографических раритетов.

Как всегда с опозданием пришло признание и от ученых коллег. В 1957 году В. С. Соболев публикует совместную статью с Г. Г. Моором в Минералогическом вестнике Львовского

геологического общества о перспективах алмазоносности севера Сибири. Владимир Степанович не испытывал недостатка в количестве печатных работ. Цель этой запоздалой публикации могла быть только одна: показать, что Соболев был в одном ряду «прогнозистов» с Г. Г. Моором.

Профессор Ленинградского горного института Павел Михайлович Татаринов, автор учебника «Геология рудных месторождений» и общепризнанный глава советской школы геологов-рудников, в отзыве на сводку Соболева 1951 года о зарубежных месторождениях алмаза писал, что «…монография В. С. Соболева оттеняет перспективы алмазоносности севера центральной Сибири, о чем уже был поднят вопрос геологом Г. Г. Моором» в опубликованной статье 1940 года *(Моор, 1940, 1941)*.

Публикация моей статьи об истории открытия «Зарницы» в официальном издании СО РАН *(Эрлих, 2012)* состоялась по предложению А. В. Толстова. Это очень знаменательно. Ведь Александр – воспитанник Амакинской экспедиции, и публикация от его имени означает, что предложенная мной версия открытия «Зарницы» пробила себе дорогу. Ну, конечно же, и здесь не обошлось без накладок. Пришлось передоказывать роль Г. Г. Моора в предсказании алмазных месторождений и локализации их в пределах Сибирской платформы. То же относится и к роли, которую сыграл А. А. Кухаренко в поразительно долгом непризнании модели, связывающей алмазы с кимберлитами.

На этом фоне достаточно комично выглядят попытки редакции как-то особо оттенить роль В. С. Соболева (как будто я пытался преуменьшить ее). Это проявилось в подписи к фотографии Владимира Степановича и его «биографической справке», помещенной как бы от лица Редакции (а не автора).

Просто он, будучи еще молодым геологом, первым сделал петрографическое описание огромных полей базальтов (траппов) Сибири, само наличие которых дало основание для утверждения о сходстве двух платформ.

Много позже название «кимберлит» было употреблено В. А. Черепановым при описании шлифа туфобрекчий, встреченных в обнажении на реке Омоноос и описанных К. С. Забурдиным. История эта описана в моих статьях *(Эрлих, 2004, 2006)*. Теперь это обнажение известно, как кимберлитовая трубка «Ленинград». Описание этой трубки, сделанное М. А. Крутоярским, дало геологам-съемщикам наглядный образ того, что в практике американских поисковиков называется *target* (мишень). А опытные магнитометрические исследования, проведенные на этой трубке В. А. Литинским, создали основу поискового метода оконтуривания кимберлитовых трубок на Сибирской платформе. С тех пор отряды магниторазведчиков стали неотъемлемым элементом съемочных партий.

В России на принятую модель алмазных месторождений наложил необратимый отпечаток тот факт, что поиски алмазов в течение долгого времени велись на Урале. Курировал поиски один из наиболее выдающихся минералогов страны А. А. Кухаренко. Он-то и создал «уральскую» модель потенциальной связи алмазов с расслоенными интрузиями основных-ультраосновных пород. Позднее, когда поиски были перенесены на Сибирскую платформу, Александру Александровичу оказалось не под силу отказаться от своего детища. Напрасно один южноафриканский геолог подарил ему образец пиропа из кимберлитовой трубки – он спокойно лежал в музейном шкафу, и геологи в Сибири продолжали исполнять приказ главного геолога Амакинки, обязывающий их искать алмазы в связи с особым типом дифференцированных основных интрузий. В конечном итоге рядовые минералоги-производственники обратили внимание на появление в шлихах необычных по оптическим свойствам гранатов – пиропов и обратились к Кухаренко с просьбой сравнить их с музейным образцом. Одним из этих минералогов и была Я Л. Стахевич – минералог Яралинской экспедиции НИИГА. Она сделала карту находок пиропов геологическими партиями НИИГА и передала её своей родственнице и коллеге Н. Н. Сарсадских во время ее визита на базу

партии НИИГА В. Ф. Медведева. Надо ли говорить, что карта этих находок помогла существенно уточнить район вероятного источника сноса пиропов и резко сократила путь к открытию первой в Сибири трубки.

Рис. 2.5.3. Район расположения трубки Зарница – Оленек-Вилюйский водораздел, пройденный съемочными партиями НИИГА, не обнаружившими кимберлитов. По Эрлих, 2006.

Говоря о том, что к моменту выезда отряда Попугаевой в поле поиск трубки стал чисто технической задачей, я ничуть не умаляю трудностей и значения находки первой кимберлитовой трубки. Просто район ее возможного расположения и метод поисков были уже определены. Оставалось то, что обычно представляется непосвященным людям так называемой романтикой работы геолога: маршрут по тайге, отбор проб, внимательный их просмотр и самое важное – принятие решения: когда надо выходить из русла ручья на склон.

Открытие «Зарницы» – начало сибирских алмазов

Хотя первые алмазы были найдены в России еще полтора столетия назад, история промышленной алмазодобычи в нашей стране началась лишь в середине прошлого века с открытия богатейших коренных кимберлитовых месторождений в Якутии. Первую кимберлитовую трубку (первую не только в России, но и за пределами Южной Африки) в 1954 г. открыла геолог Лариса[16] Попугаева. Ее название – «Зарница» – оказалось символичным: вслед за ней были найдены десятки кимберлитовых тел, среди которых оказалось много алмазоносных.

Еще в 1929 г. крупнейший исследователь Арктики Н. Н. Урванцев привез образец породы мелилитового базальта, ассоциирующий с кимберлитами, позже описанный Г. Г. Моором. В 1937–1941 гг. Моор опубликовал серию статей с описаниями редких ультраосновных-щелочных пород севера Сибири. В них он впервые в российской печати употребил термин «кимберлит». Он же впервые сказал о том, что север Сибирской платформы перспективно алмазоносен. В. С. Соболев использовал эти материалы также и в своих докладах на Госплане в 1941 г.

История целенаправленных поисков алмазов в советское время началась в 1938 г., когда сотрудник Геологического института А. П. Буров написал докладную записку, рекомендуя постановку тематических работ по сравнению геологии алмазоносных областей мира с гео-

[16] По желанию отца, он сам и все близкие звали Ларису Нелей, так как имя Нинель справа налево читается как Ленин.

логией отдельных районов СССР. В тему был включен и В. С. Соболев. Он, будучи еще молодым геологом, первым сделал петрографическое описание огромных полей базальтов (траппов) Сибири и в 1941 г. по результатам работы по этой теме представил в Геолком отчет, в котором говорилось о сходстве геологического строения Южно-Африканской и Сибирской платформ.

В 1940 г. был представлен отчет по первой части разрабатываемой темы, охватывающей, кроме всей территории Африки, также месторождения районов территорий о. Борнео, Австралии и Северной Америки *(Соболев, 1951)*. Этот отчет хранился в фондах ВСЕГЕИ и был доступен всем геологам, занимающимся поисками месторождений алмазов, а частично даже использован в публикациях В. С. Трофимова. Сам отчет был почти полностью, с небольшими сокращениями, опубликован в виде отдельной монографии лишь в 1951 г., когда в Сибири уже было найдено большое количество алмазов в россыпных месторождениях бассейна Вилюя. А вместе с тем одним из основных выводов этого отчета было следующее заключение: «Наибольшее сходство с областью распространения кимберлитов Южной Африки имеет Сибирская платформа. Это сходство еще увеличивается в связи с открытием автором на полуострове Таймыр и Г. Г. Моором (при консультации автора) в районе р. Хатанги щелочных основных пород типа лимбургита, авгитита и альнеита, близких к мелилитовым базальтам Южной Африки, сопровождающим кимберлиты. Вопросам поисков кимберлитов и алмазов должна уделять серьезное внимание каждая экспедиция, работающая на севере Сибирской платформы. Особенно нужно обратить внимание на поиски алмазов в разрабатываемых россыпях благородных металлов в районе Норильска и на Вилюе».

В феврале 1941 г. по инициативе А. П. Бурова в отделе минеральных ресурсов Госплана СССР в Москве состоялось специальное совещание, обсуждавшее проблему поисков алмазов. Наряду со специалистами, непосредственно работавшими в учреждениях Комитета по делам геологии, в работе совещания принимал участие А. Е. Ферсман, горячо поддержавший высказанные идеи. Одним из основных пунктов постановления совещания было предложение проводить поисковые работы в северной части Сибирской платформы, и в частности в бассейне Вилюя. «Однако настоящий успех был достигнут тогда, когда обратились к старому классическому приему, распознав типичные спутники – кимберлитовые гранаты-пиропы. И по гранатовой дорожке подошли *(Н. Н. Сарсадских, Л. А. Попугаева)* к первой якутской трубке, которой дали поэтическое название «Зарница». Как это часто бывает, после первой находки трубки открывались одна за другой. Н. В. Кинд уже осенью 1954 г. вплотную подошла к трубке «Мир», первый образец с которой следующим летом был доставлен Ю. И. Хабардиным. В Далдынском районе В. Н. Щукиным была найдена трубка «Удачная».

Над геологами-алмазниками, работавшими в Сибири, долгое время тяготела модель ассоциации месторождений с магматическими формациями «уральского типа».

Отчеты 1948–1952 гг. геологов Амакинской экспедиции, включая ведущего геолога-алмазника Г. Х. Файнштейна, основывались на идее ассоциации алмазов с минералами траппов. И самую большую находку на так называемой Соколиной косе на Вилюе связывали с ильменитом и пироксеном, т. е. типичными минералами трапповой ассоциации. Это влекло за собой признание основными поисковыми признаками присутствие в пробах таких минералов, как хромит и самородная платина.

Рис. 2.5.4. Лариса Анатольевна Попугаева (Гринцевич) – геолог, нашедшая первую алмазную трубку «Зарница». (По Эрлих, 2012). Фото предоставлено музеем минералогии Санкт-Петербургского государственного университета

Долгие споры вокруг разных моделей коренных месторождений алмазов самым решающим образом сказались на выборе методов поиска. Важнейшим шагом в создании методики поиска было осознание того, что возможными источниками алмазов должны быть кимберлитовые трубки. Это, в свою очередь, вело к признанию ведущим поисковым признаком присутствие в шлиховых пробах определенного комплекса минералов, в частности специфической формы граната – пиропа. Пиропы, ассоциирующиеся с алмазоносными кимберлитами, составляют часть непрерывного ряда минералов: от железистых гранатов – альмандинов, связанных в основном с метаморфическими породами, до собственно кимберлитовых магнезиальных гранатов – пиропов. Красная цепочка пироповых зерен в шлиховых пробах вела исследователей прямо к цели.

Открытие алмазных месторождений в Сибири стало возможным благодаря созданию и применению так называемого пиропового метода поиска кимберлитов. Разработка этого метода для условий Сибири и применение его на практике – очевидная заслуга минералогов Центральной экспедиции ВСЕГЕИ во главе с Н. Н. Сарсадских. Она отстояла этот метод в многолетней борьбе со сторонниками ассоциации алмазов с минералами базальтов (траппов). С тех пор как Амакинка официально признала этот метод, открытие трубок стало во многом делом техники, и их стали находить по десятку за полевой сезон.

Рис. 2.5.5. Отряд Л. А. Попугаевой перед открытием первой алмазной трубки в России. На переднем плане главный первооткрыватель Пушок. По: Эрлих, 2006.

Говоря о сибирских алмазах, нельзя не рассказать о Ларисе Анатольевне Попугаевой – женщине-геологе, открывшей первую в России кимберлитовую трубку, названную «Зарницей». Окончив Ленинградский университет в 1950 г., она поступила на работу геологом в Центральную экспедицию ВСЕГЕИ. Для меня, как и для многих, она была только именем – Лариса Попугаева, женщина из легенды. Поэтому мне пришлось обратиться к воспоминаниям работавшей в НИИГА минералога-алмазника Инны Федоровны Гориной, знавшей ее в студенческие годы, а позднее – в решающем 1954 г., когда была открыта первая трубка.

Судьба всегда для разных ключевых моментов точно подбирает знаковые персонажи. Лариса Анатольевна тоже была, несомненно, знаковой фигурой. Красивая, обаятельная, похожая сразу на всех тогдашних кинозвезд, и при ангельской внешности и хрупкости подчеркнуто грубоватая, с хрипотцой в голосе от курева. Романтичная, целеустремленная, дотошно трудолюбивая и настойчивая. Училась лучше всех. Смешно звучат повторенные Н. Н. Сарсадских слова работников Амакинки о том, что она (Попугаева) даже по компасу ходить не может. И еще к ее «знаковости» – отца Ларисы расстреляли в 1937 г.

К полевому сезону 1954 г. метод поисков по пиропам применялся уже в большинстве партий Амакинской экспедиции. Его же должен был использовать отряд ВСЕГЕИ, направленный для прослеживания источников минералов, найденных в шлиховых пробах в 1953 г. Почти во всех работах, посвященных открытию Зарницы, можно прочесть рассказ о том, что начальницей отряда должна была быть Н. Н. Сарсадских, но по беременности она ехать в поле не смогла, и поехала в поле ее аспирантка Л. А. Попугаева.

Лариса Попугаева с лаборантом Федором Алексеевичем Беликовым поехали в поле, где начали промывку шлихов на р. Далдын и ее притоках. Они следили за распределением минералов-спутников алмазов в пробах, взятых вдоль по течению ручьев, пока минералы не исчезли. Тогда они стали брать пробы на склоне и вышли на элювиальные, т. е. практически не смещенные выходы разложенных выветриванием кимберлитов. Это и была первая найденная в Сибири кимберлитовая трубка.

Интересно отметить, что сама Л. А. Попугаева сначала не посчитала найденный участок алмазным месторождением. В записке, оставленной на этом месте, она писала об «остатках очень богатого ильменито-пиропового и, возможно, алмазного месторождения». Уверенности, однако, в том, что среди минералов во взятых пробах присутствует алмаз, не было. И Лариса решила посетить ближайшую базу Яралинской экспедиции НИИГА, чтобы проверить это на рентгеновской установке.

Инна Федоровна Горина вспоминает: «Так вот, в Яралинке мы с ней тепло встретились. Нас роднило все: и университет, и общая кафедра, и один главный учитель – Кухаренко, и общее алмазное дело, которому нас учил Александр Александрович. Вот только не осталось у меня в памяти чувства триумфа у Ларисы, была у нее еще неуверенность, ей очень важно было подтвердить алмаз на нашем рентгене». Она дорого заплатила за этот визит…

Значение находки было исключительно велико – она привела к открытию всех коренных алмазных месторождений Сибири. Правильнее всего значение находки было оценено начальником алмазной лаборатории М. А. Гневушевым, который и предложил дать трубке вошедшее в историю название «Зарница», по определению означающее «отдаленная мгновенная вспышка на небосклоне, отблеск молнии дальней грозы». Открытие этой первой трубки действительно, как зарница, озарило открытие богатых алмазами трубок «Мир», «Айхал», «Удачная», «Сытыканская» и других, составивших славу алмазной промышленности России. Лишь опробованием 1955–1958 и 1977–1982 гг. было установлено промышленное содержание алмазов в самой «Зарнице», и в 1983 г. она была зачислена, наконец, в разряд месторождений. «Зарница» стала одной из многочисленных убого алмазоносных трубок.

Рис. 2.5.7. Лариса Попугаева, 1950-е гг. Из (Эрлих, 2012). Фото предоставлено музеем минералогии Санкт-Петербургского государственного университета.

Признание кимберлитовых трубок основным потенциальным источником алмазов Сибири, «легализация» метода их поисков по минералам-спутникам, открытие «Зарницы» сделали находки всех последующих трубок рутинным процессом. Недаром после того, как НИИГА срочно решил вернуться в район найденного Забурдиным выхода туфов, описанных Черепановым как кимберлиты, стало почти нормой, что партия, ведущая геологическую съемку в районе среднего течения р. Оленек, находила в год от трех до пяти кимберлитовых трубок. Большая их часть содержала мало алмазов, но это уже был вопрос удачи. Известно ведь, что из ста кимберлитовых трубок лишь единицы содержат алмазы в промышленных количествах. Рутинность поисков, обеспечившая успех дальнейших открытий, не умаляет их трудности, но это уже трудности технические. Принципиальная основа открытия была сделана.

И еще одна группа действующих лиц в полной мере оценила значимость открытия – руководство Амакинской экспедиции. Острым чутьем опытных администраторов-аппа-

ратчиков они хорошо поняли значение грядущего события еще в момент, когда Попугаева с Беликовым брали пробы по никому дотоле не известному ручью, названному ими Шестопаловкой, по имени начальника Центральной экспедиции (сегодня это ручей Дьяха).

В 1987 г. по устным легендам я описал, как руководство Амакинской экспедиции вымогало у нашедшей трубку «Зарница» Ларисы Попугаевой заявление о переходе в Амакинку, датированное маем того же года, то есть ДО находки *(Эрлих, Слонимский, 1987)*. Тогда мне была неизвестна статья Ришата Юзмухаметова «Кража века», опубликованная в 1992 г. в газете «Мирнинский рабочий». Впоследствии тот же автор опубликовал небольшую книгу «Звездный час и трагедия Ларисы Попугаевой», в которой документально описал эту чисто уголовную историю *(Юзмухаметов, 2004)*.

Рис. 2.5.8. Минералог Н. Н. Сарсадских – первооткрыватель алмазных месторождений в Сибири. Женщина остается женщиной, особенно в поле. По: (По Эрлих, 2006).

Нет, Попугаеву не сажали в лагерь, ей не грозил расстрел, как ее отцу в 1937-м. Времена были другие. Ее лишь шантажировали, вымогая написать заявление о переходе в Амакинскую экспедицию, чтобы присвоить ее открытие. Напоминая о репрессированном отце, ее пытались обвинить в незаконном вывозе алмазов. Терявшаяся в догадках руководительница Попугаевой, Н. Н. Сарсадских позже писала: «Шло время, мне нужно было сдавать отчет по теме, и я стала писать в Нюрбу, в Москву, вплоть до ЦК КПСС, чтобы вернули сотрудника и полевые материалы». Надо ли говорить, что ответа не последовало. Пропал человек, исчезли материалы.

Нет никакого желания описывать детали всей этой в деталях продуманной бюрократической операции и моральные пытки, которым подверглась победительница. Вообще сегодня много говорят о лагерных репрессиях, но умалчивают об обстановке тех лет в «нормальных» учреждениях. Лариса держалась полтора месяца, но в конце концов подписала заявление о своем переходе в Амакинку, датированное началом полевого сезона. Дело было сделано, и ее выпустили в Ленинград, вернув собранные образцы.

Но, совершенно в духе всех преступлений, продолжалось уничтожение следов истории открытия. Только так, к примеру, можно понимать перенос заявочного столба, поставленного Попугаевой и Беликовым на трубке «Зарница» (всего на 200 метров, но столб-то не там стоит!). И просто поразительная злопамятность начальника Амакинки М. Н. Бондаренко к первооткрывателям сибирских алмазов: в 1955 г. Сарсадских не давали отчетов в фондах Амакинки, а когда она вместе с известным уральским геологом-алмазником В. С. Трофимовым должна была поехать на Далдын, то, упреждая их визит, полетела телеграмма: «Сарсадских вылетела без разрешения месторождение не допускать». Просто и категорично. И на памятнике в городе Мирном, на котором перечислены имена всех исследователей, участвовавших в поисках алмазов еще в 1957 г., не было ни одного имени ленинградских геологов и минералогов.

Несколько лет спустя начальник Амакинской экспедиции М. Н. Бондаренко, по чьей инициативе творились все эти дела, постановлением Якутского обкома партии был снят с работы за многочисленные нарушения. История с Зарницей наложила неизгладимый отпечаток на всех участников. Руководство Амакинской экспедиции, закрепив за собой права на открытие алмазных месторождений в Сибири, больше не нуждалось в Л. А. Попугаевой – лишние свидетели всегда нежелательны, и она получила разрешение на переход обратно в Центральную экспедицию ВСЕГЕИ, но там ей, «предательнице», не было места.

Конечно, можно сослаться на эксцессы, связанные с той или иной конкретной личностью. Сценарий событий не обязательно должен был повторяться при, скажем, других начальниках Амакинки. Бондаренко, будучи родственником министра геологии П. Я. Антропова, был уверен в его всегдашней поддержке и своей безнаказанности. По-видимому, он и по натуре был склонен к самоуправству: Юзмухаметов упоминает о «скандальных историях, связанных с его предыдущей работой в Варшаве и Москве». Во ВСЕГЕИ Ларису больше не взяли. С момента ее возвращения драма приобрела оттенок личных столкновений, столь характерных для советских НИИ. Наталья Николаевна обвиняла Попугаеву в предательстве, считая, что переходом в Амакинку та сознательно хотела лишить Центральную экспедицию славы открытия. Напрасно Лариса Анатольевна пыталась объясниться, писала письма о том, что «ее заставили». Сарсадских стояла на своем, даже в 2003 г. заявляла: «Я бы не сдалась!». К сожалению, она продолжала считать, что Попугаева предала ее и Центральную экспедицию.

К полевому сезону 1954 г. метод поисков по пиропам применялся уже в большинстве партий Амакинской экспедиции. Его же должен был использовать отряд ВСЕГЕИ, направленный для прослеживания источников минералов, найденных в шлиховых пробах в 1953 г. Дальнейшее было делом техники.

Говоря о том, что к моменту выезда отряда Попугаевой в поле поиск трубки стал чисто технической задачей, я ничуть не умаляю трудностей и значения находки первой кимберлитовой трубки. Просто район ее возможного расположения и метод поисков были уже определены. Оставалось то, что обычно представляется непосвященным людям так называемой романтикой работы геолога: маршрут по тайге, отбор проб, внимательный их просмотр и самое важное – принятие решения, когда выходить из русла ручья на склон.

Минералогам ВСЕГЕИ потребовалась консультация одного из крупнейших геологов-алмазников страны – доцента ЛГУ А. А. Кухаренко, имевшего в своей коллекции естественные пиропы из южноафриканских кимберлитов. Н. Н. Сарсадских, жена Кухаренко, не захотела «использовать семейные связи» и обращаться за консультацией к мужу, и попросила сделать это Ларису Попугаеву. Зная обстановку напряженной дискуссии поиска, в которой живут геологи, практически никогда не делающие различия между своей профессиональной и обыденной жизнью, я позволю себе не поверить этому признанию. Несомненно, между Александром Александровичем и Натальей Николаевной было много разговоров о

спутниках алмаза. Но, скорее всего, просить Кухаренко дать официальное заключение сочли более удобным через Ларису. Еще до Попугаевой к Кухаренко обратилась минералог Тунгусско-Ленской экспедиции ВСЕГЕИ Л. Г. Гусева, определявшая шлихи, взятые на реке Мархa. По оптическим константам они оказались аналогичны африканским пиропам, так что когда после Гусевой с тем же вопросом пришла Попугаева, он молча положил на стол южноафриканский образец.

Ягна Стахевич назвала пиропы пиропами по наитию, на свой страх и риск. Но когда она обратилась с этим заключением к научному руководителю экспедиции Михаилу Израилевичу Рабкину, он, со свойственной настоящему ученому осмотрительностью, сказал: «Пользоваться названием пироп было бы крайностью. Правильнее сказать, что это – гранат альмандин-пиропового ряда. Такие гранаты характерны для метаморфических пород фундамента, выходящих на поверхность на соседнем Анабарском массиве».

Осторожность подхода, замена определения «пироп» на вполне научный, но беззубый термин «гранаты пироп-альмандинового ряда» сразу снижала значение находки. Получалось, что найден не прямой важнейший поисковый признак, а просто описан интересный геологический факт. Исключительно точность названия определяла потенциальный объект поисков – кимберлитовые трубки. Тот же осторожный подход, та же ошибка была общей и для большинства сибирских геологов. Достаточно сказать, что Н. Н. Сарсадских, просматривая шлихи, привезенные Ларисой Попугаевой из поля в 1953 году (за год до открытия кимберлитов Сибири), тоже определила пиропы как гранаты, «принадлежащие альмандин-пироповому ряду», и не отличила обычный для базальтов трапповой формации ильменит от пикроильменита, специфически характерного для кимберлитов.

Именно необходимость надежной оценки источников тяжелой фракции шлихов привела к постановке специальной темы в Центральной экспедиции ВСЕГЕИ. Руководителем темы стала Н. Н. Сарсадских, аспирантом которой была Л. А. Попугаева.

Насколько я знаю, последней по времени публикацией, посвященной этим событиям, явилась моя статья, опубликованная в журнале «Наука из первых рук». Редакция хотела, чтобы статья была (за недостатком места в журнале) ограничена историей открытия трубки «Зарница». Это само по себе определило то, что что из статьи выпали две важнейшие стороны открытия:

1. История преследований Л. А. Попугаевой руководством Амакинской экспедиции.

2. История того, что карта с точками находок пиропов в шлихах Я. Л. Стахевич передала Н. Н. Сарсадских, и эта карта существенно сократила путь к открытию «Зарницы».

Тем самым вся история открытия первой в Сибири кимберлитовой трубки опять (в который раз!) свелась к искусственно раздуваемому противостоянию двух замечательных женщин. И опять и опять протаскивается резко преувеличенная роль в открытии В. С. Соболева. Я просил о том, чтобы мнение редакции было отражено не в тексте, а как подпись к фотографии Владимира Степановича. Но на это редакция не пошла.

Меня попросили переписать главу моей книги, посвященную истории открытия алмазов Сибири *(Эрлих, 2003)*. Само это обращение было результатом того, что этот материал рекомендовал к печати А. В. Толстов. Это очень интересный момент. Александр – воспитанник Амакинки, и его рекомендация означала признание Амакинкой истории открытия «Зарницы» в том виде, в котором она была рассказана мной. Такова уж природа этой истории. Она была и осталась остро злободневной. Яркий показатель этого – «Праздник Покаяния и Примирения». Остается рассказать об этом странном и знаменательном событии. Оно состоялось по случаю восстановления на прежнем (то есть исторически-правильном) месте заявочного столба на трубке «Зарница», установленного ее первооткрывателями – Ларисой Попугаевой и Федором Беликовым. Столб был перенесен по указанию руководства Амакинской экспедиции (что, по сути, уголовное преступление), и ныне, 40 лет спустя, восста-

новлен на прежнем месте. Более того, на нем сейчас помещена копия записки, оставленной первооткрывателями. На праздник съехались все, кто так или иначе имел отношение к этой истории. Одна сторона, однако, блистательно отсутствовала – руководство Амакинской экспедиции или даже его представители.

Когда редакция журнала включила это название праздника в мою статью, я потребовал немедленно его убрать. В самом деле: употребление термина «Признание» (читай «примирение») стало дурной традицией, прикрывающей прямые преступления прошлого. Так в Париже Площадью Согласия (Пляс Конкорд), была названа площадь, на которой стояла главная гильотина страны. Так же «Праздником примирения» предлагают назвать день уничтожения русской демократии в 1917 году. Призыв же к покаянию, как известно, связан с именем А. И. Солженицына. Главным действующим лицом, кому бы следовало каяться в данном случае, было руководство Амакинской экспедиции, полностью отсутствовавшее на Празднике. Более того, оно и не думало отказываться от Ленинской премии за открытие алмазных месторождений, что стало бы наглядным выражением Покаяния. Не собиралась каяться и Наталья Николаевна Сарсадских, до конца (до смерти!) преследовавшая свою замечательную аспирантку. Вряд ли приходится говорить о Примирении руководства Республики Саха (в лице присутствовавшего на празднике ее президента Н. А. Штырова) с руководством колониальной России в лице ее президента Б. Н. Ельцина, отобравшего месторождения у хозяев страны. Но история не остановилась на открытии трубки Зарница.

О том, что произошло дальше, рассказано в главе 2.3, в той же книге М. Харта *(Hart, 2001)* и моей работе *(Эрлих, 2005)*. Общие черты ее вроде и публиковались в российской прессе, но широкому читателю они, скажем мягко, малоизвестны. Поэтому я счел полезным повторно поместить их в этой книге (см. главу 2.3).

Трубка «Мир». История открытия алмазных месторождений России

Открытие трубки «Мир» воистину знаменовало начало новой эпохи. Еще до этого, после «Зарницы», метод и предполагаемые объекты поисков были точно определены. Теперь появилось, наконец, БОГАТОЕ МЕСТОРОЖДЕНИЕ. Теперь было впору строить один из светлых городов мечты, карьер и обогатительную фабрику. И, что уже было совсем непривычно, выходить на мировой алмазный рынок.

За ходом поисков алмазных месторождений в Сибири внимательно следили представители крупнейшей мировой монополии – компании Де Бирс. Они-то хорошо знали ситуацию на мировом алмазном рынке, знали, что такое маркетинг, и отлично понимали, как может сказаться на рыночной ситуации появление нового мощного производителя алмазов. Неудивительно поэтому, что, когда на трубке «Мир» еще только начали убирать лесной покров, в Москву уже прилетели люди Де Бирса. Компания имела все основания предполагать, что новые месторождения могут быть фантастически богаты, и их разработка приведет к поставке на мировой рынок до четверти мировой продукции камней. Вначале российское правительство не шло на заключение договора, но Де Бирс предупредил, что продажа русских алмазов на рынках Антверпена и Тель-Авива может привести к катастрофическому падению цен. Де Бирс предложил, казалось бы, выгодную сделку: Россия поставляет 80 % своей добычи необработанных алмазов, а Де Бирс покупает их и берет на себя маркетинг. Перспектива заведомого получения очень значительных средств, которые хотя бы частично окупят огромные расходы по предстоящему строительству города и рудника, была очень соблазнительна. Для Де Бирса смысл сделки состоял в том, что компания сохраняла контроль над количеством поступающих на рынок алмазов и, более того, получала разницу в цене (в сотни, если не в тысячи раз!) между необработанными алмазами и ограненными камнями.

Договор был заключен на срок до 1994 года. Руководители алмазной промышленности России до сих пор гордятся этой сделкой. В рекламной брошюре компании АЛРОСА с очевидной радостью сообщается, что всего через пять месяцев после пуска первой обогатительной установки в Мирном первые несколько тысяч карат алмазов были проданы Де Бирсу.

Валя Баскина, написавшая замечательную статью о Наталье Кинд, справедливо пишет, что «необходимо сейчас, пусть поздно, посмертно вернуть ей недоданное, отнятое – известность и славу первооткрывателя, звание лауреата, ордена, премии». Но вот и другая точка зрения – начальника Амакинской экспедиции: «У меня нет желания останавливаться на истории открытий. Все, что можно, уже перемолото до полной трухи. История открытий канула в вечность, бог с ней и вечный ей покой. Можно до потери здравого смысла тасовать несколько десятков фамилий, спорить до хрипоты о «личном вкладе» *(Баскина, 2001)*.

Рис. 2.5.11. Наталья Кинд – первооткрывательница трубки «Мир»

Сама Кинд написала о своем открытии только 30 лет спустя: «Находка алмазов на р. Ирелях, а также прослеживающаяся связь между тектоническим строением района и местами находок пиропов во время обработки полевых материалов позволили мне составить первую „карту прогноза“ и выделить на ней два участка предполагаемых местонахождений кимберлитов. На одном из них летом 1955 года была открыта знаменитая кимберлитовая трубка „Мир“, на другом, спустя годы, геофизики открыли кимберлитовую трубку „Интернациональная“». *(Кинд, 1987)*.

Аналогия с предсказанием Г. Д. Масловым Талнаха и историей его открытия полная. Есть, однако, существенная разница между высказываниями Кунилова и начальника Амакинской экспедиции. Последний не борется с каким-то одним первооткрывателем (Н. Н. Урванцевым, к примеру), а со всеми ними сразу, отметая все не относящиеся к Делу претензии о «личном вкладе». Заодно, походя, решаются две задачи: отстаиваются права Экспедиции против всех «столичных штучек», которые выступают как единый противник, посягающий на права Организации, и так же заодно попираются «все эти научники», только мешающие работать своими выдумками. Кстати, возможно именно поэтому Н. Н. Сарсадских и Н. В. Кинд были самыми ненавистными фигурами: они ведь совмещали в себе все: и науку, и столичность, да и женщинами были заодно.

Очаровательная молодая женщина, прекрасный ученый, доктор наук, москвичка, Н. В. Кинд была живым воплощением всего, ненавистного руководителям Амакинки.

Томтор и его месторождения

Общепризнанная ныне значимость Томторских месторождений привела к обилию публикаций, посвященных процессу их открытия. В совокупности эти публикации создают довольно полную картину процесса. Именно это и вело меня к тому, чтобы затвердить все детали тех далеких лет такими, какими они сохранились в моей памяти. Возможно, наиболее полно весь процесс отражен в моей статье *(Эрлих, 2012)*. Это избавляет меня от необходимости повторения здесь этого материала.

Поэтому не буду полностью повторять все ранее сказанное, что читатель может прочитать выше в главке «Томтор – маркетинг по-российски».

Рис. 2.5.12. Карта района расположения массива Томтор. Черной точкой обозначено положение массива. По (Эрлих, 2006),

Район, в котором был обнаружен массив Томтор, расположен в бассейне правого притока Анабара – реки Уджа, в самой северной части территории, на которой работала наша Биректинская экспедиция.

Рис. 2.5.13. С. А. Гулин – первооткрыватель Уджинского поднятия и связанной с ним редкометалльной минерализации. Фото из архива автора.

Повторю ниже только несколько важных утверждений.

Составляя список первооткрывателей, руководители АЛРОСы ограничивались теми, кто нашел участок богатых руд Буранный (это ведь и есть месторождение в прямом смысле слова, с подсчитанными запасами). Жаль, что Саша Толстов тогда разделил эту точку зрения, хотя сам же упоминал в своих воспоминаниях о том, что шел по нашим следам. Я очень рад тому, что свою статью о редкоземельном месторождении участка Буранный, опубликованную в том же номере журнала «Наука из первых рук», А. В. Толстов прямо начинает с того, что Томтор был открыт в результате работ С. А. Гулина и моих.

Для того, чтобы избежать каких бы то ни было нареканий, руководство АЛРОСы (со слов А. В. Толстова, 1999) говорит о том, что первооткрывательство признается лишь за теми, кто принимал участие в открытии настоящего месторождения (то есть участка Буранный). Можно подумать, что они (Эбеляхская партия АЛРОСы) сами решили, куда волочь их мощную буровую и землеройную технику, и не использовали работ предшественников. Кстати, в списке «ленинградцев», работавших до него на Томторе (который А. В. Толстов приводит в своем очерке) оказались три совершенно различных человека: С. А. Гулин, впервые обнаруживший редкометалльное оруденение на Удже (см. выше), Э. Эрлих, обнаруживший массив Томтор и его карбонатитовое ядро, и Г. И. Поршнев (просто по должности главного геолога, которую он занял после того, как меня вывезли из поля с инсультом). А ведь А. В. Толстов читал все, что я писал об открытии Томтора и, вроде, даже выражал понимание этого. Но таковы «критерии первооткрывательства».

Нет, лучше я буду в компании Н. Н. Урванцева и Н. В. Кинд!

После серии поломок наша буровая наконец-то вскрыла магнетитовое тело, породившее интенсивную магнитную аномалию, обрамляющую ядро массива. На основе этих данных и анализа геофизических материалов по центральному ядру я и выдвинул гипотезу о карбонатитовой природе ядра массива. Если эта гипотеза верна, то ее следствием должно было стать признание уверенной оценки высокоперспективной рудоносности Томтора. С этим и цифрами полностью проваленного плана договорных работ первого года я и поехал в Амакинскую экспедицию с отчетом о полевых работах. Более всего в этом тексте редакцию (судя по реакции подписывавшего номер к печати Н. Л. Добрецова) порадовали мотивы, побуждавшие нас к работе, мечты о светлых городах, которые встанут по следам работы геологов. Этим объясняется попытка ввести в текст статьи вставку о том, что автор продолжает

верить в это. Как то-выпало, что после всего произошедшего надо быть законченным идиотом, чтобы сохранить веру в это. Поэтому я категорически потребовал убрать эту вставку и добился своего.

Рис. 2.5.14. 1974 год. База Уджа. Автор перед отъездом с полевым отчетом в Амакинскую экспедицию. Именно там была защищена гипотеза о наличии у Томтора карбонатитового ядра. Фото Л. Я. Харитоновой из архива автора.

Как открываются месторождения

История открытия массива Томтор почти диаметрально противоположна истории другого выдающегося открытия – находки алмазных месторождений Сибири.

С алмазными месторождениями главным был вопрос о модели месторождения: с телами каких пород ассоциируются алмазы. Этот вопрос был решен в начале века южноафриканскими геологами *(Wagner, 1914)*. Связь пиропов с кимберлитами вошла в учебники. В России надо было попросту применить эти идеи к местным условиям. Но подаренный южноафриканцами образец пиропа спокойно лежал в музейном шкафу А. А. Кухаренко. Выдающийся ленинградский минералог, зав. кафедрой минералогии Санкт-Петербургского университета, А. А. Кухаренко был автором теории связи алмазов Урала с базальтовыми интрузиями и менять свою точку зрения не собирался, а один из ведущих геологов-алмазников Амакинки, Г. Х. Файнштейн, как уже говорилось, называл сам термин кимберлит выдумкой космополитов.

На Томторе главным было признать очевидные факты, с которыми мы столкнулись, и отстоять свою точку зрения. В статье *(Эрлих, 2012)* я старался в меру сил сделать это.

Надо отметить, что путь открытия карбонатитового ядра массива был совершенно аналогичен пути открытия Талнаха и трубки «Мир»: перешагивая через недостающие факты, с постоянной корректировкой рабочей гипотезы.

По описанию Л. Л. Степанова *(2002)*, работа партии распадалась на части – вездеходчики вели вездеходы, буровики бурили, геофизики вели измерения. Но месторождения не открываются в результате простой совокупности элементарных действий. Всегда необходим качественный скачок, приводящий к созданию модели рудообразования. При этом надо «перешагнуть» через недостаток фактов. И, что очень важно, кто-то должен принять на себя ответственность за гипотезу, что называется, «поставить на кон» свою профессиональную

репутацию, прекрасно зная, что пиропы являются надежным поисковым признаком кимберлитов.

В случае с карбонатитовым ядром Томтора этим человеком стал я. Соображения и выводы, подтверждающие гипотезу о строении массива, были доложены тогдашнему главному геологу Амакинки Евгению Черному с просьбой продлить работы еще на год. Он пошел нам навстречу, и этот дополнительный год сыграл решающую роль.

Совершенно противоположен был путь открытия участка сверхбогатых руд Буранного – в этом случае основная теоретическая дорога была уже проложена. Очень показательное описание этого открытия оставлено А. В. Толстовым – как при артиллерийской «стрельбе на поражение»: сгущали сеть буровых скважин и таким образом оконтурили участок особо богатых руд.

Последний десяток лет мы с А. В. Толстовым провели достаточно много времени, пытаясь каждый по своему «протолкнуть» проект разработки Томтора. Надеюсь, что эпоха освоения месторождения в конечном счете придет, и нам еще доведется увидеть на Томторе те города, о которых я мечтал в те далекие годы, когда мы лишь догадывались о масштабах найденного нами месторождения.

Последняя на сегодняшний день стадия разведки Томтора характеризуется бурением скважин по сетке в центральной части массива. После ковырянья (иначе не скажешь!) с нашей единственной, постоянно ломающейся буровой, я счастлив сказать, что мы сделали свое дело и те, кто пришли за нами, по сетке разбурили всю эту зону. Фотография, показывающая строгий ряд прорезавших тайгу просек, в начале каждой из которых стоит буровая, заменяет мне образ светлых городов, которые должны быть выстроены по следам наших работ.

Рис. 2.5.15. 2003 год. «Побратимы по Томтору»: А. В. Толстов (слева) и автор на международной кимберлитовой конференции в Виктории, столице канадской провинции Британская Колумбия. Фото из архива А. В. Толстова.

Разница с процессом открытия Уджинской редкометалльной провинции *(С. Гулин)* и открытием Томтора и оценкой его перспективности здесь разительная. Перед Сергеем и мной стояли геологические задачи, решение которых требовало творческого подхода, в отличие от бурения по сетке. Но вот, что вызывает не возражения даже, а резкий протест, так это то, что Александр пишет, что Томтор – это следующая (после алмазных месторождений) находка Амакинской экспедиции. Это, мягко говоря, аберрация, искажение. А говоря попросту, – клевета на тех, кто это реально делал (но не работал в Амакинке). Это полное повторение освещения истории «Зарницы» и «Мира». Саша прекрасно знает, как все это происходило на самом деле, но говорит это в угоду местному амакинскому патриотизму (ну

и, что греха таить, ставя во главу угла открытие именно Буранного, а не Томтора, в один ряд с открытием алмазов Сибири).

На разведке процесс предсказания, озарения, являющийся главной частью работы на этапе оценки месторождений, сводится к минимуму. Задачи разведчика иные: он должен заполнить прорехи в описаниях, дать статистически обоснованную картину для «стрельбы на поражение» – вероятностного подсчета запасов. О специфике творческой работе разведчика говрилось в главе 2.1.

Именно на этом этапе что-то уж больно много разговоров о «госпоже удаче», о роли счастливого случая в процессе открытия.

Этот первый этап показал полную неадекватность ведущего эксперта по маркетингу месторождений – главного советника президента В. В. Путина по проблемам, связанным с минеральным сырьем, ректора Петербургского Горного В. С. Литвиненко. Да и чего ради чем-то рисковать? Естественная реакция любого чиновного бюрократа в таких случаях – послать материал на экспертизу. И, можно быть уверенным, что эксперты не подведут.

На сегодня дорога к освоению Томтора полностью закрыта руководством России. Стоит на пути освоения и то, что оно требует больших инвестиций. В России на сегодня таких денег на строительство нет. На пути привлечения иностранных инвесторов стоит также ложно понятый патриотизм («они – читай: иностранцы, – хотят расхитить богатства российских недр!»). И, уродливое законодательство об иностранных инвестициях, не дающее никаких гарантий инвесторам (кстати сказать, полная противоположность аналогичному законодательству соседнего Казахстана). Но богатства Томтора так велики, что нет никакого сомнения в том, что они сами по себе (то есть потребность в них мировой экономики) рано или поздно сдвинут процесс с мертвой точки.

Отношение руководства Института минералогии и геологии и Сибирского отделения РАН к Томтору определялось тем, что им надо было показать, что они отлично понимают значимость открытия и готовы изучать этот уникальный объект. Но при этом ни в коей мере не вмешиваться в вопросы стратегической значимости месторождений Томтора, находящиеся в компетенции руководства страны. Именно в этом контексте надо понимать вставку, сделанную академиком Н. Л. Добрецовым в текст моей статьи фразы о том, что А. В. Толстов выступал с докладами об освоении Буранного месторождения «на десятках конференций», посвященных развитию производительных сил Сибири (она была убрана по моему настоянию) и высказывания академиков Н. В. Соболева и Н. П. Похиленко о том, что СО РАН и Институт геологии и минералогии будут финансировать проект исследования Томтора из своего бюджета. Самоотстранение геологов от решения судеб развития месторождения под ложным предлогом «некомпетентности», с моей точки зрения, принципиально неправильно и вредно.

Как пропускаются месторождения

Приведенные выше примеры, как мне кажется, дают достаточный материал для представления о том, из чего открытие месторождений складывается. Но картина будет неполной, если не проанализировать, и как они пропускаются. Материал дает история целой серии подобных пропусков одной и той же организацией – Институтом геологии Арктики.

В брошюре 1998 года, посвященной 50-летию Института, тщательно перечислены все достижения его сотрудников *(НИИГА – ВНИИОкеангеология, 50 лет научного поиска, 1998)*. В то же время изначально, по крайней мере с середины 50-х годов прошлого века, НИИГА преследовал призрак пропущенных месторождений. Мартиролог их выглядит более чем внушительно. Главным укором в адрес НИИГА всегда был пропуск целой плеяды алмазных месторождений Оленек-Вилюйского водораздела. Далее (не в календарном порядке

событий) следуют Эбеляхские россыпные алмазы, Попигайский лонсдейлит (модификация алмаза), медно-никель-кобальт-платиновый Талнах. Пропуск даже одного из этих уникальных месторождений затмевает любые достижения в открытиях, которые организация ставит себе в заслугу. Об этом есть смысл говорить не для обвинений, а для анализа причин происшедшего.

Эбелях. История пропуска Эбеляха предельно проста: начальник поисковой партии Анатолий Никитич Вишневский слишком торопился вслед за уходящими ниже по течению тайменями и не нашел времени проверить точку, где рабочий-промывальщик брал пробы. Как назло, именно она оказалось местом богатой ювелирными алмазами россыпи. Прошло несколько лет, и она была заново открыта партией Амакинской экспедиции, руководимой геологом-съемщицей Маргаритой Васильевой. Анатолий Никитич был хорош с начальством; прошло несколько лет, и он защитил докторскую диссертацию по описанию метаморфических пород Анабарского щита. Описательная работа не хуже любых других. В юбилейной брошюре *(НИИГА-ВНИИОкеангеология, 1998)* он называется одним из руководителей геологических работ НИИГА в бассейне Оленека, что неправда. Он был лишь одним из многих начальников съемочных партий. В последние годы его назначили начальником отдела металлогении Института, то есть руководителем всех поисковых работ, все еще проводимых НИИГА на «твердой земле». Вполне достойное воздаяние человеку, пропустившему Эбелях.

Неприятности с алмазными месторождениями просто-таки преследовали НИИГА. Когда после нескольких лет упорной работы Амакинские геологи добрались до места одной из самых знаменитых алмазных трубок Сибири – «Айхала», то первое, что они увидели – каркас палатки геофизиков НИИГА, стоящий прямо на месте трубки. А вокруг валялись игральные карты. В общем-то, в этом нет ничего удивительного: в условиях вечной мерзлоты кимберлиты всегда прикрыты слоем оползшей почвы. Так что, придя на место трубки, зачастую ничего особого и не увидишь, но каков символ! Игральные карты на неоткрытой трубке…

Да что там Айхал! В строку НИИГА всегда ставили пропуск всех алмазных месторождений Оленек-Вилюйского водораздела. Но, если говорить по большому счету, то алмазные месторождения всей Сибири ежегодно пропускались геологами Амакинской экспедиции, курировавшими все поисковые работы на алмазы на территории Сибирской платформы. В рамках этой главы правильно будет вернуться к тому, кого можно считать ответственным за неоправданную (на годы) задержку открытия алмазных месторождений Сибири. Зачастую ссылются на то, что «виновата система». Тут называли кого угодно, но не А. А. Кухаренко. Один из ведущих минералогов страны, глава кафедры минералогии Ленинградского университета, многолетний руководитель программы поисков алмазов на Урале, харизматичный лектор, уж он-то прекрасно знал, что пиропы являются надежным поисковым признаком кимберлитов. В его музейном шкафу лежал подаренный образец пиропа из Южной Африки. Кто угодно, но не он! Один В. Л. Масайтис в прекрасно документированной книге *(Масайтис, 2005)* писал, что в том, что Н. Н. Сарсадских не поехала в поле по беременности, виноват конечно муж. Но это не более чем юмор. Преодолеть им же созданную «уральскую» модель генезиса алмазов и признать общеизвестную всему миру с конца XIX века связь алмазов с кимберлитами Александр Александрович не смог.

Норильск и Талнах. В 1918 году Геолком Омского временного правительства адмирала Колчака послал экспедицию для разведки месторождений каменного угля, необходимого для пароходов Антанты, доставлявших оружие и боеприпасы. Участник экспедиции Н. Н. Урванцев открыл угольное месторождение в долине реки Норилки. Урванцев был из когорты старых полярников; он первым из геологов и исследователей посетил Таймыр и Северную Землю. За находку почты Амундсена правительство Норвегии наградило его

золотыми часами. За открытие знаменитого Норильска-I, ставшего сырьевой базой Норильского медно-никелевого комбината, и ныне главным поставщиком платины и палладия страны, советское правительство наградило Урванцева почетными званиями, орденами и… тридцатью годами каторжных лагерей. Дело обыкновенное – такова была эпоха. Но юбилейная брошюра Института *(НИИГА – ВНИИОкеангеология. 50 лет научного поиска, 1998)* сообщает, что Норильск в 1920 году был «найден сотрудником НИИГА», сдвигая дату, поскольку в 1920 году первооткрыватель не мог быть сотрудником не существовавшей в то время организации. Здесь же Урванцеву приписано открытие двух других месторождений: Талнаха (1926, 1960) и Октябрьского (1963). Оспаривать приоритет Урванцева никто не будет. И действительно, никто и не стал! А Институт авторитетом Урванцева пытался отвести упорные слухи о пропуске Талнаха.

В 1959 году Давид Додин и Валентин Голубков нашли в горах Хараелаха рудные валуны и даже небольшие гривки коренных выходов рудоносных пород. В их руках уже был будущий Талнах. Но масштабы минерализации были неясны, следовало бурить, а деньги у НИИГА, как всегда, кончились. Доказывать, что месторождение рядом и скандалить в министерстве из-за денег никто не стал. А когда рисовали карту прогнозов медно-никелевых месторождений (автор Д. А. Додин), район будущего Талнаха был помещен вне контура перспективных площадей. Написав очередную записку в министерство о находке руд, НИИГА ушел, уступив поле боя. Именно на этих гривках буровые партии Норильского комбината прошли по сплошной руде Талнахского месторождения. Конечно, Додин с Голубковым одни тут сделать мало что могли. Но у начальства НИИГА, главным образом у зама директора по науке М. Г. Равича, не хватило смелости доказать в министерстве, сколь многообещающей была находка. Легче было ездить в Антарктику, где Равич числился научным руководителем советской геологической программы. Но и Валя с Давидом помалкивали. А ведь после позора с пропуском кимберлитовой трубки Ленинград НИИГовское начальство делало такие ставки на район Норильска, выхлопотало Институту роль курирующей организации в министерстве: «Норильск задыхается без новых запасов, и мы ему поможем!». Так что можно сказать, пропуск Талнаха был логическим завершением истории.

Попигайская котловина. Геология котловины была описана партиями НИИГА. Однако обычная при съемочных работах спешка не давали возможности для детальных описаний и анализа, поэтому были совершенно упущены из вида признаки чрезвычайно высоких давлений, существовавших в период формирования пород котловины. Научный сотрудник ВСЕГЕИ В. Л. Масайтис описал эти детали, указывая на исключительно молодой для Сибирской платформы возраст образования Попигайской структуры, и пришел к необычной гипотезе образования котловины, как следствия метеоритного удара. Какова бы ни была причина сверхвысоких давлений, само их наличие требовало проверки того, не присутствуют ли здесь характерные для таких условий минералы. Так сотрудниками В. Л. Масайтиса в породах котловины были найдены большие концентрации редкой гексагональной разновидности алмаза – лонсдейлита, который почти втрое тверже обычного алмаза. Масайтис и его сотрудники начали искать (и находить!) сходные впадины в разных районах планеты, а сотрудники НИИГА начали систематически оспаривать метеоритную гипотезу и объяснять, почему лонсдейлит не был найден ими. Дискуссия о происхождении Попигайской котловины шла как бы в двух не пересекающихся плоскостях: геологи НИИГА оперировали в основном геологическими данными, свидетельствовавшими в пользу земного происхождения депрессии, а В. Л. Масайтис и его сторонники использовали в основном геохимические и минералого-петрографические данные. Другое коренное различие в аргументах сторон сводилось к тому, что Виктор Людвигович выдвинул цельную концепцию необычности происхождения структуры. Каждый из противников брал какой-то один признак и пытался доказать, что он может возникнуть при экстремальных условиях обычного вулканического про-

цесса. Потребовалась эрудиция и синтетический подход к фактам профессора Московского университета А. А. Маракушева, чтобы создать альтернативную гипотезу. Алексей Александрович проанализировал всю совокупность геологических и геохимико-минералогических данных и выдвинул совершенно новую гипотезу образования Попигайской депрессии и сходных с нею структур в разных частях Земли под действием потоков газов, которые идут от земного ядра при сверхвысоких давлениях.

Гули. О находке россыпи платиноидов в районе Гулинского массива было доложено в 1994 году на совещании о геологических критериях крупных и уникальных месторождений. Россыпи частенько не рассматриваются, как достойный объект для крупных геологических и горнодобывающих предприятий. Их государство отдавало приисковым артелям, принимавшим на себя риск открытия и стоимость освоения. Массив был исконной территорией, «подведомственной» НИИГА. Уж где, как не «на Гулях» НИИГА годами вело работы! Здесь располагались базы экспедиций. И – на ж тебе! – огромная, в несколько километров длины, россыпь платиноидов (самородных платины, осмия, иридосмия) и золота! Данные о ней были изложены в докладе Балмасовой, Лазаренкова и Лопатина, то есть чужаков. Вадим Лазаренков, мой школьный и институтский товарищ, позже декан геологоразведочего факультета Горного института, по всей видимости, «оформил» находку, придав ей научный лоск и блеск (что не умаляет его роли). Можно только предполагать, что двое других принадлежали к старательской артели и были в числе тех, кто сделал открытие и отстоял его. Так НИИГА опять не повезло. Институту оставалось одно – уйти на шельф, искать там нефть и прогнозировать россыпные месторождения.

Естественно задать вопрос: а как же Томтор? Все рассказанное выше о его открытии подтверждает, что и он не должен был быть открыт. А учитывая, что его богатые руды, по свидетельству А. В. Толстова, были вскрыты, но не опробованы сотрудниками НИИГА, то и Томтор следовало бы отнести к списку пропущенных Институтом месторождений.

Но в отношении Томтора правильнее поставить вопрос: почему он все-таки не был пропущен? Только прямое противостояние обстоятельствам, огромное желание «сделать» это месторождение у всех работников Уджинской партии привело к успешному итогу. От нас потребовалась смелость взглянуть необычным, сумасшедшим фактам в лицо, признать, что Природа полна неожиданностей, что она куда сложнее, чем мы себе ее представляем. В этом суть всех споров о модели строения массива Томтор. От нас потребовалась научная смелость и смелость в отстаивании своей позиции. Мы продолжали работы, пока не подвели тех, кто пришел следом за нами, к цели – к крупнейшему в мире редкометалльному месторождению.

Еще раз оглядываясь назад, остановлюсь на знаменательном эпизоде, рассказанном А. В. Толстовым о не задокументированном керне наиболее богатых руд. Произошло это по совершенно заурядной причине: документировавший керн Г. И. Поршнев не знал, как выглядят редкоземельные минералы, особенно в условиях коры выветривания, и сливные черные прослои редкоземельных минералов в керне попросту «списали», как пермские угли. Рудные интервалы не были опробованы по той же причине, по которой Герман обычно попросту выбрасывал любые спорные факты. Это небрежение к «сомнительным» деталям сводило на нет все усилия первых лет по открытию Томтора. После выхода из больницы я с ужасом узнал, что нигде не отмеченным оказалось присутствие в одной из скважин хромдиопсида – вернейшего показателя близости кимберлитового тела. Любой геолог алмазных экспедиций НИИГА знал это назубок, а Герман работал на поисках алмазов более десятка лет. Герман Иванович включен (посмертно!) в списки первооткрывателей Томтора по должности, как главный геолог договорной партии НИИГА с 1976 года. По сути дела эпизод с керном – лучший пример того, как осторожность и безразличие приводят к пропуску месторождений.

Обе истории крупных открытий – алмазных месторождений Сибири и Томторского редкометалльного месторождения служат иллюстрациями того, как различны должны быть

методы, когда мы имеем дело с тайнами Природы. В первом случае понадобился метод аналогий, во втором надо было установить и отстоять отличие от известных районов, понять причины своеобразия и уникальности объекта, с которым мы имели дело. В обеих историях в общих чертах достаточно четко видно, какой это долгий путь и сколько людей, каждый на своем этапе работ, были первопроходцами, первооткрывателями.

Две истории – Сибирских алмазов и Якутского редкометалльного Томтора – со всей очевидностью показывают однотипность самих процессов открытия этих месторождений. Различными были организации, проводившие работы, районы поиска и типы минералов, общим оставалась Система. На всех этапах поиска и находки шло противостояние творческих работников губительной системе. Она их выталкивала, умаляла заслуги, мешала работе и назначала угодных ей в победители. Они, вопреки всем препонам и неудачам, не сдавались, делали свое дело. Гулин, Шпунт, Стахевич, Черепанов, Моор, Сарсадских, Попугаева воплощают силу духа, для них творчество – суть бытия.

Общей, порожденной системой чертой всех поисковых работ явился отрыв от мировой практики. Можно ли считать нормальными такие парадоксальные ситуации, когда инициатор и руководитель всех поисков на алмазы, А. П. Буров, зная африканский опыт, в 1938 (!) году составляет инструкцию о поиске по пиропам, которая остается «под сукном», а пироповый метод советскими геологами «открывается» 16 лет спустя. Или когда крупнейший в стране специалист по алмазным месторождениям, академик В. С. Соболев убедительно доказывает перспективность магматических пород (кимберлиты, а не траппы), и в это же время его ученики, геологи Амакинской экспедиции, продолжают искать особые, советские алмазы, связанные с траппами. Одному из лучших минералогов страны А. А. Кухаренко принесли найденные в Сибири пиропы, он установил их идентичность подаренным ему африканским эталонам, но настаивать на переориентации поисков не стал, и на местах все продолжалось без перемен. Такое положение не только на годы задержало открытия, но оставляло геологов в поле, как войско солдат на передовой без необходимого оружия. Какая еще причина, если не самая фундаментальная из всех – природа Системы и порочные традиции, отделяющие науку от производства, – не позволяла самым классным ученым страны приложить к практике их собственные выводы? А в Амакинке и в НИИГА геологи, казалось, были готовы к применению на практике самых смелых подходов и активно хотели этого. Право же, консерватизм человеческой природы в России ничуть не больше, чем в любой другой стране.

Другим важным и общим препятствием в работе была плановая экономика, подменявшая оперативный анализ рыночной ситуации. Постоянный мониторинг рынка был чужд системе в целом. Только при таком «маркетинге» Министерства геологии возможны были консультации, подобные оценкам Н. И. Гинзбургом первых находок на Томторе или субъективным представлениям Е. М. Эпштейна о рыночной конъюнктуре. При этом первый действительно был специалистом мирового класса, но, подозреваю, что и у него отсутствовали необходимые данные для оценки рынка. От второго же можно было услышать в лучшем случае примитивные оценки: «Если минерализация имеет урановую природу, это – интересно, если ториевую – нет. Тантал – это хорошо, ниобий – это плохо». Такое положение вещей сказалось при решении судьбы Томтора. История открытия этого месторождения дает прекрасный пример необходимости оперативной оценки требований рынка.

Томтор также прекрасно иллюстрирует коллективный характер открытия. Сегодня уже нет в живых Германа Ивановича Поршнева, Леонида Сергеевича Егорова, Бориса Романовича Шпунта, Ефима Михайловича Эпштейн. Как всегда в России – триумф и трагедия, иных уж нет, а те – далече.

Литература

АЛРОСА – Википедия.

Баскина В. А., 2001, О геологе Наталье Кинд.//Природа, № 6.

Кинд Н. В., 1987, Если идти по пиропам Химия и жизнь, № 1. С. 56–57.

Лившиц Ю. Я., 2008, (рукопись). В Израиль через Шпицберген и Антарктиду. Как геологи основали в Арктике города Норильск и Талнах (Николай Николаевич Урванцев и Георгий Дмитриевич Маслов.

Масайтис В. Л., 2005, Где там алмазы? (сибирская диамантиада).// СПб: ВСЕГЕИ. НИИГА – ВНИИОкеангеология 50 лет научного поиска. //СПб.

ВНИИОкеангеология, 1998, 127 с.

Соболев В. С., 1951, Геология алмазных месторождений Африки, Австралии, острова Борнео и Северной Америки.//Госгеолиздат.

Степанов Л. Л., 2002, Редкометалльный гигант Якутии – открытие века. Полярники пишут сами (юбилейные воспоминания), посвященные 40-летию ПМГРЭ.//СПб. Стр. 105–127.

Эрлих Э. Н., Г. А. Слонимский, 1987, Грани алмаза.// Страна и Мир, № 2 (38), стр. 89–96.

Эрлих Эдвард, 20012, Свет «Зарницы» // Наука из первых рук, № 6, с..88–95.

Эрлих Эдвард, 2006, Месторождения и История.// СПб., Изд-во Политехнического университета, 174 с.

Эрлих Э. Н., 2004, Найти месторождение // Звезда, № 10, с. 181–201.

Clifford T. N., 1966, Tectonomagmatic units and metallogenic provinces in://Earth and Planet. Sci, Letters 1:421–434.

Hart, M., 2001, Diamond, Penguin, //Viking, Toronto, Canada, 276 p.

Wagner P. A., 1914, The diamond fields of South Africa.//3rd edition, 1971, Johannesburg, Transvaal Leader.

Глава 2.6. Воздаяние

Теперь, когда материал изложен, можно посмотреть, что же в итоге случилось с природой и что достается людям, открывавшим и осваивавшим месторождения, и что получает человеческое общество.

Нельзя не обратить внимание на однотипность судеб первооткрывателей, описанных в Гл. 2.5. Общей чертой всех этих открытий было то, что те, кто их совершил, оставались один на один с Системой и в силу воспитания, опыта жизни и силы обстоятельств останавливались на этом (вынуждены были остановиться).

Среди тех, имена которых упоминались в приведенных очерках, особое восхищение у меня вызывают два человека – канадский геолог Джон Торнберн Уильямсон и южнорусский помещик Александр Поль. Они блестяще показали себя на всех этапах открытия и освоения месторождений от находки их до создания крупнейших промышленных предприятий.

О Уильямсоне читатель мог прочесть в настоящей книге в главе 2.3. Тем не менее стоит подвести итоги жизни этого замечательного человека. Даже среди созвездия упоминаемых в этой главе славных людей он занимает совершенно особое место. Он единственный в полной мере осуществил свою творческую личность на всех этапах находки и освоения месторождений. Он предугадал месторождение, нашел его после многих лет упорных, изматывающих поисков, создал на его базе самое передовое и наиболее технически оснащенное алмазодобывающее предприятие мира. Он бросил перчатку всемогущей мировой монополии Де Бирса и выстоял в борьбе с ним. Его имя было в 2011 году внесено в Зал славы горнодобывающей промышленности одной из ведущих горнодобывающих стран мира – Канады *(Canadian Mining Hall of fame)*. Это коллеги представили его туда, а не канадский или южноафриканский вариант Амакинки.

Все они мечтали о том, что после открытия они создадут самые передовые предприятия своего времени, предприятия своей мечты. И на пути к их созданию они преодолевали множество препятствий. Прежде всего надо было организовать финансирование, добыть огромные средства, которых у них не было, добиться политической поддержки, – неважно, от местных ли племенных вождей, или от правителей империй, проявить в полной мере организационные таланты. В итоге Юз создает индустриальный Донбасс и черную металлургию России, Поль создает предприятия Криворожского железорудного бассейна, Уильямсон строит крупнейший алмазодобывающий руднике на трубке Мвадуи, Родс – компанию, контролирующую мировой рынок алмазов. Они создавали оснащенные по последнему слову техники предприятия, полностью преобразующие экономику соответствующих отраслей, их финансовые основы и, если это было необходимо, вступали в прямое противоборство со всемогущими монополиями. Ярчайшим примером последнего явился Джон Торнбер Уильямсон (Док). не побоявшийся вступить в прямое единоборство со всемогущей алмазной монополией Де Бирс.

О том, что первооткрыватели думали в основном о создании горно-металлургических предприятий, СВОИХ предприятий, как-то не говорилось (это – НИЗКО). О видении «светлых городов мечты» и что из них вышло, я расскажу ниже. Пока же замечу, что, будучи в мексиканской провинции Сонора, я, к примеру, мечтал не о городах, а о заводах, переплавляющих базальты для получения жаропрочной пряжи.

Политические и национальные границы не принимаются во внимание. Поль изначально обращается за экспертизой найденных им образцов железных руд к специалистам Фрайбергской горной академии и, потерпев полный провал в попытках найти российских инвесторов для развития найденного им бассейна, создал акционерную компанию, использующую французский капитал.

Воздаяние тем, кто сделал это возможным

«И не спрашивай, по ком звонит колокол: он звонит и по тебе»
Джон Донн, поэт XVI века, настоятель собора Св. Павла в Лондоне

Поскольку все рассмотренные в предыдущей главе 2.5 судьбы первооткрывателей относятся к Советскому Союзу, они могут создать одностороннее впечатление того, что отброшенные официальным аппаратом геологи главным образом добивались признания своей роли в открытии.

А что же геологи после того, как месторождение открыто? Они, если и нужны, то только для того, чтобы «воспроизвести» минеральные богатства. В новых условиях резко уменьшившегося количества еще не открытых крупных и богатых месторождений найти новые кладовые минеральных богатств становится все сложнее. От геолога требуется куда больше профессионального мастерства. Но хозяевам месторождения он впрямую не нужен, его, как правило, выбрасывают за борт. Что ж, «мавр сделал свое дело, мавр может уйти». Но мне вспоминаются приведенные в эпиграфе замечательные слова английского поэта XVI века и одновременно настоятеля собора св. Павла в Лондоне Джона Донна, использованные в названии одного из лучших произведений Э. Хэмингуэя.

Наступление весны для нас – ожидание Поля, отъезда на полевые работы. Мы готовились к единоборству с природой. На набережной Мойки против проходной собиралась толпа тех, кто (по словам песни Ю. А. Кукина) «убегал от забот и от тоски». Среди них были самые разные люди: поэт Иосиф Бродский, аспирант-археолог Леша Хлобыстин, специалист по оптическим приборам Вася Писакин, слесарь по шеф-монтажу орудийных башен Боря Лозин, рабочий складов госрезервов Витя Никипирович, и кого-кого тут только не было.

Образ полевых работ, создаваемый прессой, был совершенно голубой – это был интересный туристский поход. По словам той же песни Ю. Кукина: «а я еду за туманом и за запахом тайги». Правда, в реальности пели обычно, что едут «за бараном» (или, вариант – «за деньгами»).

Контраст газетной романтики полевых работ с реальностью с моей точки зрения прекрасно передает фото (рис. 2.6.1). Начиная с конца июня – начала июля над землей висел несмолкающий зуд миллионов комаров. Работать в этих условиях было невозможно и, чтобы не терять времени, мы весь июнь, начиная со времени схода снега, работали почти 24 часа в сутки, благо солнце стояло все время высоко. К предполагаемому времени комариного «удара» мы должны были выйти на большую реку, где ветер обдувал комарье и давал дышать. И там мы стояли и «камералили» недели две, пока пик комаров сходил.

Рис. 2.6.1. Съемка масштаба 1:200000 в северной Якутии. Воплощение романтики профессии: «Держись, геолог, ты солнцу и ветру брат!». Фото автора

В районах, где не было такого уникального количества комаров, были другие прелести – невыносимая жара пустынь, ежедневная необходимость карабкаться по скалам, переходы через сшибающие с ног потоки и т. д.

Об условиях работы горняков Эбеляхской партии уже выше приводились слова А. В. Толстова *(Толстов, 1999)*, но так же работали и наши «горняки» на канавах. До трети рабочего дня уходило на откачку воды от оттаявшей мерзлоты, затянувшей канаву; потом они били киркой под воду. Ни дать ни взять – «проклятая царская каторга».

Ну, и говорить не приходится, что в тех же условиях на проходе шурфов работали и настоящие зеки, особенно в районах лагерей (на Колыме, например – см. рис. 2.6.2).

Рис. 2.6.2. Бьет шурф, стоя в воде, зек. В отдалении, заложив руки за спину, стоит долдон-охранник. Из: История в фотографиях. Заключенные ГУЛАГа и их жизнь на фото-документах.

А об условиях жизни геологов яркое представление дает снимок поселка Амакинского (Эбеляха) – рис. 2.6.3.

Рис. 2.6. 3. Вид поселка Эбелях. Глядя на него, учтите, что это Амакинский поселок, то есть он из лучших.

Общность историй тех первооткрывателей, что перечислены в главе 2.5, состоит в том, что после открытия перед ними стояла непробиваемая стена социалистической системы

хозяйства, и создать что-либо в ее условиях можно было, лишь вступив в сотрудничество с ней. Именно благодаря этому сотрудничеству были созданы Норильск, Кузнецкий комбинат, Джезказган.

Что происходит с природой

На всем протяжении истории развитие экономики и борьба за сохранение природы шли рука об руку. Создание экономики подразумевало практическое уничтожение Природы. Раз начавшись, та или иная промышленная революция создает свои собственные требования к развитию мира. Промышленная революция начала бронзового века, как мы видели (глава 1.3), привела к созданию металлургической промышленности. Результатом этого, в свою очередь, на протяжении каких-нибудь 100–200 лет стала полная дефорестация восточного Средиземноморья – Кипра, Ливана, Закавказья. Но главное было впереди – период создания черной металлургии. Огромные масштабы производства потребовали соответствующих количеств древесного угля. Это привело к переходу к использованию каменного угля, результатом чего стало освоение каменноугольных бассейнов. Так возникли угольные бассейны и связанные с ними центры черной металлургии в Англии, Бельгии, РУР в Германии, Донбасс на юге России.

Ответом на это, в свою очередь, явилось начало применения каменного угля как топлива и как сырья для металлургического процесса. В полной мере использование каменного угля, в частности, коксового угля, связано уже с началом массового производства чугуна и стали и строительством тепловых электростанций. Вторая промышленная революция сопровождалась сменой вида топлива и активной разработкой нефтяных и газовых месторождений. Одновременно наступил век редких металлов: ранее неизвестные и ненужные металлы, вроде молибдена, вольфрама и, позднее, урана стали предметом первой необходимости.

XXI век характеризовался резким увеличением потребностей экономики в минеральном сырье. Соответственно, резко увеличилась и степень загрязнения окружающей среды в процессе разработки месторождений. Ситуация с уничтожением природы стала настолько серьезной, что на горнорудные компании была наложена узда в виде мер по ограничению выбросов промышленного газа и обязательных мер по рекультивации (восстановлению) природы.

Рекультивация подразумевает ответственность компании за восстановление природы в ее первоначальном виде. Прорытые траншеи должны быть засыпаны, на месте вырубленных деревьев – посажены новые. Конечно же, многие перемены необратимы. Повсеместно, где отрабатывались кимберлитовые трубки – от Кимберли в Африке до «Мира» в Якутии, у дыры на месте отработанного карьера возникали города горняков. И закопать их, конечно, невозможно, можно лишь поддерживать их в относительном порядке. Создание огромных карьеров на Курской магнитной аномалии необратимо уничтожило прекрасную природу юга Европейской части России, и можно лишь порадоваться, что такие горнотехнические гиганты, как Лебединский карьер (см. главу 1.5) отвечают требованиям промышленной эстетики. Но и хороший дизайн, как видно на приведенном ниже рисунке 2.5.4, не помогает.

Рис. 2.6.4. Лебединский ГОК.

Наверное, можно было бы совместить разработку железорудных месторождений с сохранением природы поверхности (как это было сделано на рудниках Криворожья), но думать было некогда.

Для меня воплощением понятия рекультивация является практически полностью восстановленная природа Японии, уничтоженная в ходе дикой индустриализации, прошедшей после революции Мейдзи конца XIX века.

Неминуемо предстоящая разработка Архангельских месторождений алмазов ставит вопрос о необходимости сохранения лесозащитной зоны для охраны режима рек Европейской части России.

Но еще в процессе разработки месторождения строжайшие запреты ограничивают допустимые размеры эмиссии металлургических предприятий.

Принятые в XX веке в западных странах (в частности в США) меры сводились к резкому ужесточению мероприятий по охране окружающей среды. В частности, были резко ужесточены нормы эмиссии выхлопных газов, требования к рекультивации природы после окончания эксплуатации месторождений. Эти мероприятия сочетались с созданием целой системы национальных и штатных парков. Не могу не сослаться на разницу в подходе к проблеме национальных парков в США и Новой Зеландии. В США наложен запрет на разработку геотермальных месторождений в Йеллоустонском национальном парке. В результате гейзеры этого района продолжают существовать и привлекают миллионы туристов ежегодно. В Новой Зеландии построены энергетические установки, и гейзеры в районе Вайотапу перестали существовать.

Результаты не замедлили воспоследовать. Главным источником загрязнения воздуха в Денвере являются выбросы выхлопных газов автомобилей. Если следовать американскому принципу «один взрослый человек – одна автомашина», то в Денвере должно быть более полутора миллионов машин *(Denver Population 2014)*. Но воздух чист. Выхлопы жестко регулируются.

Мы в США живем в гармонии с природой. В более чем двухмиллионном Денвере достаточно часто можно видеть знак: «Осторожно, олени перебегают дорогу». Гуси без всяких знаков ведут свои выводки через дороги перед остановившимся перед ними потоком машин. На многих паркингах прямо под машинами во множестве плодятся кролики. По улицам близ ручьев важно шествуют еноты. Ну, бывают, конечно, накладки – в сады приходят медведи. Это почти нормально: вызывают полицию, она стреляет в «нарушителей» усыпля-

ющим зарядом, и их увозят в зоопарк. Но когда в город приходят не медведи, а рыси, эти случаи показывают по ТВ.

Что происходит при отсутствии ограничений, прекрасно показывает пример Норильска.

Рис 2.6.5. Норильск – один из десяти самых загрязненных городов мира.

Приведенный снимок Норильска наглядно иллюстрирует, что город по общепризнанным оценкам входит в десятку самых задымленных городов мира. Снимок выразителен сам по себе, но, глядя на него, надо иметь в виду, что это пары мышьяковистых газов, то есть отрава в чистом виде. Здесь часто идет черный снег. В воздухе чувствуется запах серы. Надо ли удивляться, что более 134 тысяч жителей страдают легочными заболеваниями?

Но газы не останавливаются на границе города. Сегодня уже очевидно, что они представляют собой угрозу всей природе Арктики.

Рис 2.6.6. Спутниковый снимок района Норильска. По материалам компании БиБиСи.

Но о том, что, собственно, происходит в отравленных зонах, по спутниковому снимку можно лишь догадаться. Реальное представление об этом дает лишь следующий снимок.

Рис. 2.6.7. Норильск. «Деревья умирают стоя». Лес деревьев, умерших от отравления мышьяком

А о том, почему все это происходит, наглядно свидетельствуют два следующих снимка. Это без всяких отравляющих газов просто брошенные карьеры и район разработки. Какая еще рекультивация! Это просто наплевательское отношение к природе, в результате чего Арктика превращается в гнусную пустыню.

Рис. 2.6.8. Брошенный карьер близ Норильска. О рекультивации даже и речи нет.

Рис. 2.6.9. Район станции Алевролит близ Норильска. Что осталось после добычи камня. И не надо никаких выбросов отравляющих газов в атмосферу, чтобы превратить район в жуткую по убогости пустыню.

Огромную роль в сохранении природы в США сыграло создание системы национальных парков с жестким режимом. Как тут не вспомнить, что в России нет ни одного национального парка, отвечающего международным стандартам?

Светлые города мечты

«Через четыре года
Здесь будет город-сад»
В. В. Маяковский. «Рассказ Хренова о Кузнецкстрое и о людях Кузнецка»

Теперь месторождения открыты и освоены. Самое время посмотреть, какое воздействие это оказало на Природу и что оно принесло людям, открывавшим и осваивавшим их. В главе 2.2 достаточно говорилось о роли в процессе открытия образов светлых городов, которые должны возникнуть, как результат обнаружения месторождения. Образ городов этих был воплощением образа светлого будущего, которое строит вся страна. Теперь можно посмотреть, что это за города такие.

Сегодня можно подвести и итоги идее о светлых городах мечты. Можно попросту посмотреть их вживе, выполненных на самом высшем уровне советской строительной техники. Их строительство было результатом двух крупнейших открытий советских геологов – мы, в частности, рассматриваем месторождения Норильск и Талнах и алмазные месторождения России. Чтобы в полной мере оценить образы этих городов мечты, надо учесть, что загрязнение окружающей среды настолько постоянно сопровождает любую индустриальную активность, связанную с горнодобывающей и металлургической промышленностью страны, что становится планетарной проблемой.

Убожество рядов бетонных бараков, образующих улицы этих городов, не может скраситься помпезной парадностью главных улиц. Но главная проблема состоит в неконтролируемых выбросах в атмосферу огромного количества газов – побочных продуктов деятельности горно-металлургического комбината. Я представляю читателю серию парадных фотографий городов, построенных после открытия месторождений и строительства горно-металлургических предприятий.

Прежде всего, это город, с которого, можно сказать, и зародилась сама идея светлых городов, воплощающих победу человека (над чем?), итог его подвига по поиску месторождений и освоению их – это Новокузнецк. Тот самый, о котором В. В. Маяковский писал строки, приведенные в эпиграфе. Это город, расположенный на сибирском окончании Урало-Кузнецкого комбината. Главное его предприятие – Кузнецкий металлургический завод, работавший на уральской руде и кузнецком угле. На Уральском окончании располагались Магнитогорский и Тагильский комбинаты, работавшие на привозном угле и местной руде. Два главных памятника Новокузнецка – статуя В. В. Маяковского и танк Т-34. Город поражает убогостью стройки, которую не скрашивают и новые кварталы более разнообразной архитектуры.

Рис. 2.6.8. Новокузнецк. Убогие ряды бетонных бараков, мало напоминающие город-сад.

Хотя все бывает, – люди разные, но почти безошибочно можно сказать, что и жизнь в этих домах такая же убогая.

Рис. 2.6.9. Новокузнецк. И какая еще жизнь может быть в этих бетонных бараках.

За Новокузнецком следует город Мирный, родившийся у первого в стране алмазного месторождения – трубки «Мир». Его называют «город у дыры», поскольку он расположен рядом с полуторакилометровой воронкой карьера глубиной более полукилометра.

Рис. 2.6.10. Город у дыры Мирный. Первый город, обслуживающий алмазодобывающую промышленность страны. Перспективный снимок с самолета. На переднем плане отработанный алмазный карьер.

Город строился десятилетия спустя после Новокузнецка, и это отражается на качестве строительства. Но ни о каком уюте или красоте для жителей города говорить не приходится.

Рис. 2.6.11. Общий вид Мирного с самолета. Уютным этот город не назовешь ни по какой мерке.

И, наконец, Норильск – гордость советских строителей, воздвигнутый в условиях вечной мерзлоты за полярным кругом у месторождения Норильск I.

Среди городов-новостроек Норильск занимает особое место. Самый северный из крупных промышленных городов мира, он был символом светлых городов мечты и одновременно апофеозом победы советского человека над Природой.

Рис. 2.6.12. Помпезный, парадный Норильск. Проспект Ленина.

Но это не избавило город от убожества строительства.

Для «оживления» фасады местами раскрашены. Насколько раскраска достигла цели, пусть судит сам читатель.

Рис. 2.6.13. Норильск. «Оживляющая» раскраска фасадов домов.

Рис. 2.6.14. Два архитектурных стиля одного и того же дома при однотипности качества строительства.

Но это не избавляет от необходимости предупреждения об опасности от отваливающихся кусков фасада. Фасады опасны для жизни прохожих. Норильск же с его жутким загрязнением атмосферы стал угрозой для нормальной жизни планеты.

Рис. 2.6.15. Надпись, предупреждающая об опасности от падающих кусков фасада.

Месторождения и история человечества

Самое главное, что принесли человечеству месторождения минерального сырья – они обеспечили материальную основу развития цивилизации.

Истории открытия и освоения отдельных месторождений рассказаны в предыдущих главах этой книги. Остается ответить на центральный вопрос, поставленный в ее названии: о предполагаемых механизмах воздействия минеральных месторождений на социальную историю человечества. Важные сами по себе, но побочные по отношению к главной теме проблемы стадийности открытия и освоения минеральных месторождений и изменяющейся роли геологов в этом процессе описаны в главе 2.1; роль горно-металлургических школ в развитии наук о Земле – в главе 2.5.

История людей и история месторождений начинаются одновременно. Само становление биологического вида Homo Sapiens начинается с эксплуатации месторождений поваренной соли (галита) и выпаривания соли из морской воды. Это были первые технические предприятия, спасшие человеческий вид от гибели – «бессолицы». Об этом рассказано в главе 1.2. Именно нужда в этом необходимом продукте питания привела к открытию и освоению первых месторождений и к основанию солеварен – первых технических предприятий в истории.

Первыми объектами применения минерального сырья были строительство жилищ и культовых сооружений и изготовление сосудов для хранения жидкостей (воды, масла, вина), и орудий для обработки материалов, а также изделий и оружия для защиты от врагов. Применение камня для первых двух целей описано в глава 1.1 первой части настоящей книги. В связи с большой ковкостью меди и трудностями обработки железа в качестве орудий и оружия использовались острые осколки кремня и обсидиана.

Движущей силой этих открытий был самый сильный из инстинктов – инстинкт самосохранения вида. К тому же доисторическому периоду, времени формирования биологического вида, относится и использование в терапевтических целях природных горячих вод (см. глава 1.10).

Последующая история находок и освоения месторождений минерального сырья связана с совершенствованием материалов, из которых изготавливались орудия. Начальный период этого пути характеризовался добычей самородных металлов, используемых для применения орудий и оружия, и так называемых «валютных» металлов, в первую очередь золота, а позднее платины. Нужда в последних была связана с крупнейшим изменением эко-

номики первобытного общества – введением монетного обмена, создавшего возможность свободного развития торговли, а с ней и экономики в целом.

Признанием роли месторождений минерального сырья звучит гордый девиз ассоциации горняков Аляски: «То, что не может быть выращено, должно быть добыто!». Они, месторождения минерального сырья, в буквальном смысле слова создают историю человеческого общества. Но тут надо избежать опасности преувеличения этой роли и попытаться объективно разобрать механизм их влияния на человеческое общество.

Впервые человек столкнулся с минеральными месторождениями в доисторические времена. Чтобы начать свою историю, он должен был уцелеть как биологический вид. Именно минеральные месторождения дали ему необходимые компоненты питания в виде каменной соли, галита, и материал как для строительства жилищ и культовых сооружений, так и для орудий и оружия. Тогда же в ход пошел и другой древнейший материал – глина.

Но истинная эпоха освоения минеральных месторождений началась с одного из величайших изобретений человечества – введения денежного обмена и создания денег. С этим открытием связано использование россыпных месторождений первого из валютных металлов – золота.

Масштабы людских миграций, связанных с открытием золота, огромны – многие десятки тысяч человек – они вполне сопоставимы с масштабом так называемого Великого переселения народов.

В ходе этих миграций создаются новые города, такие как, например, многочисленные города в Рудных горах Германии и Скалистых горах Северной Америки (Ледвилл, Криппл Крик, Сентрал Сити, Теллурайд, Силвертон в Колорадо, многочисленные городки в Нью Мексико и Юте, Ном на Аляске). К ним же принадлежит и город Иоханнесов – Иоханнесбург, крупнейший город Южной Африки, возникший на месте лагеря золотоискателей на месторождении Витватерсранд.

Одновременно с рудной лихорадкой возникает и совершенно новая инфраструктура всего района, прилегающего к вновь открытым месторождениям. Люди, решившие перевернуть свою жизнь, нуждаются в новых городах – портах и перевалочных пунктах на пути к районам золотой лихорадки, куда они прибывают на кораблях со всего мира (или до которых они добираются пешком). Таковы Доусон и Фейрбэнкс – города «на входе» в золотоносные районы Аляски. Так возник крупнейший тогда город и порт Тихоокеанского побережья США Сан Франциско, через который прокатывалась вся волна прибывающих со всего мира «фортинайнеров» (людей 49 года), Магадан «на входе» к золоторудным месторождениям Колымы.

Начать рассмотрение роли месторождений минерального сырья в истории человеческого общества надо, видимо, с того, к чему приводят открытия россыпных месторождений валютных металлов, в частности, золота. К этому же классу принадлежат и открытия особо богатых коренных месторождений других валютных металлов, включая месторождения серебра, а также «лихорадки», связанные с обнаружением месторождений алмазов. Тут важно то, что ценности в процессе их разработки создаются непосредственно в ходе ручной выемки руды или ее промывки.

Первый этап освоения месторождения почти всегда сопровождался поисковым Бумом – так называемой «лихорадкой», вызванной сенсационной случайной находкой. Чаще всего она связана с рудой драгоценных металлов или камней, и, в зависимости от ценного компонента руды, называется «золотой», «серебряной» или «алмазной»; термин «рудная лихорадка» непривычен. Ассоциируется это явление, как правило, с открытием россыпных месторождений – здесь не требуется крупных вложений в оборудование, нужны лишь физическая сила и, главное, желание человека раз и навсегда изменить свою судьбу. Поэтому

такие открытия вызывают массовые людские миграции, что подробно описано в главе «Рудные лихорадки».

Потребность в рабочей силе – первое, что порождают новые месторождения. В бывшем Советском Союзе, в условиях практической крепостной зависимости и невозможности свободного перемещения городского населения, не говоря уже о сельском. Контрактным рабочим оплачивали переезд к новому месту жительства, давали повышенную зарплату и, главное, сохраняли драгоценную прописку по старому месту проживания. Строительство такого рода замещалось созданием системы каторжных лагерей ГУЛАГа в комбинации с оргнабором людей для работы по контрактам и комсомольскими призывами приезжать на работу на стройки пятилеток. Так создается целое созвездие горнорудных городов.

Одновременно с рудной лихорадкой возникает и совершенно новая инфраструктура всего района, прилегающего к вновь открытым месторождениям. Люди, решившие перевернуть свою жизнь, нуждаются в новых городах – портах и перевалочных пунктах на пути к районам охваченными лихорадкой, куда они прибывают на кораблях со всего мира, или до которых они добираются пешком. Таковы Доусон и Фейрбэнкс – города «на входе» в золотоносные районы Аляски. Так возник крупнейший тогда город и порт Тихоокеанского побережья США Сан Франциско, через который прокатывалась вся волна прибывающих со всего мира «фортинайнеров» (людей 49 года), и Магадан на входе в золотоносные районы Колымы.

Эксплуатация крупных месторождений олова подтолкнула изобретение бронзы и положила начало развития металлургической промышленности и литья. Открытие крупных месторождений серебра привело к полному изменению государственного строя, созданию Афинской демократии и победе греков в греко-персидских войнах, утверждению Саксонии и Богемии, как поставщиков серебра имперской Вене. Испания в результате поставок американского серебра становится мировым финансовым центром.

Судьба месторождений самого ценного сырья – алмазов ювелирного качества, – и их роль в жизни общества отражала специфику господствовавшей экономической системы. Недаром открытие алмазных месторождений Южной Африки имело своим результатом создание мировой монополии, контролировавшей добычу и сбыт алмазного сырья – компании Де Бирс, а открытие алмазов Сибири привело к криминальной попытке организации экспорта алмазов (см. глава 1.9).

Влияние освоения минеральных месторождений на события социальной истории

Сливки руды сняты, бум стих. Теперь разработка месторождения меняет характер: как правило, нужно переходить к подземной выработке руды, обогащать руду и транспортировать ее к металлургическим заводам. Словом, требуются крупные капиталовложения. Теперь месторождения должны сами показать себя – насколько выгодна их дальнейшая разработка, насколько их содержимое отвечает запросам прогрессивных отраслей экономики и требованиям рынка.

Массовое поступление на рынок нового добытого сырья вызывает переход к принципиально новым технологиям (бронзовый век и начало металлургии), дает толчок промышленным революциям (как олово Корнуолла или калийные соли Германии *(Mokyr and Strotz, 1998)*. Эксплуатация крупных месторождений олова привела к изобретению бронзы и положила начало развитию металлургической промышленности и литья. Исключительное использование древесины для угля в металлургии создало угрозу дефорестации обширных районов, прилегающих к металлургическим центрам, что обусловило переход к использованию ископаемых каменных углей в цветной и черной металлургии. Практически исчезли

леса на Кипре, в Ливане, Закавказье, на Иберийском полуострове. Это, в свою очередь, привело к разработке бассейнов каменного угля и созданию в них крупных металлургических центров, как правило работавших на привозной руде, и металлоемкого производства. Примерами могут явиться угольный бассейн Уэльса (Великобритания), Рур (Германия), угольные бассейны Южной Бельгии и Донбасса (Украина). Прогрессирующая технология производства, сделавшая рентабельным использование руд с повышенным содержанием фосфора и серы, способствовала вовлечению в промышленный оборот железорудных месторождений Швеции. Британские металлургические заводы так нуждались в руде, что Англия взяла на себя сооружение железной дороги, открывшей возможность эксплуатации месторождений Кируны. Разработка железорудных месторождений Кируны определила нейтральный статус Швеции в двух мировых войнах. Усиленное использование в производстве черных металлов древесного угля привело к вовлечению в оборот железорудных месторождений Урала. Разработка технологии производства металла шла рука об руку с развитием самой технологии. Огромная потребность в металле делала уже на начальной стадии разработку железорудных месторождений зависимой от инфраструктуры. Железорудные месторождения Басконии, из металла которых были сделаны все знаменитые короткие римские мечи, основное оружие римской армии, малы и по запасам, и по содержаниям металла, но их было выгодно эксплуатировать, поскольку они лежали на удобных транспортных путях, и при их разработке можно было использовать местную дешевую рабскую силу.

Наконец, крупные месторождения минерального сырья определяли историческое развитие целых стран и огромных районов. Открытие Витватерсранда и алмазных месторождений Южной Африки ускорили падение колониализма (см. главы 1.8, 1.9).

Открытие крупных месторождений серебра привело к полному изменению государственного строя, к созданию Афинской демократии и победе греков в греко-персидских войнах (о роли открытия Лаврионских месторождений месторождений Латинской Америки привел к победе при Саламине, глава 1.8). Поток серебра из Америк привел к тому, что Испания становится мировым финансовым центром (глава 1.8).

Необходимость продолжения разработки месторождений в резко ухудшившихся горнотехнических условиях (при возросшем водопритоке и в связи с переходом на все более глубокие горизонты) была двигателем новых технических разработок. Не случайно то, что на этом пути были сделаны несколько наиболее судьбоносных технических изобретений:

1. Открытие пороха в Европе, обеспечившее резко ускоренную проходку скважин при разработке серебряных месторождений Рудных гор Саксонии и Богемии. Косвенным следствием этого изобретения явилась революция, связанная с применением пороха в военном деле.

2. Создание насосов, работающих от паровых двигателей для откачки воды с глубоких горизонтов оловянных месторождений Корнуолла знаменовало начало великой Индустриальной революции конца XVIII века, и обеспечило быстрое использование паровой энергии в промышленности (см. Гл. 1.4). Открытие и освоение месторождений редких металлов создало возможность коренных преобразований в технике, в первую очередь в военном деле, и создания авиационной промышленности.

3. Открытие и освоение месторождений калийных солей привело к коренному изменению в агротехнике. Применение минеральных удобрений свело на нет угрозу недостатка продуктов питания для растущего народонаселения планеты и обеспечило то, что получило наименование «зеленой революции» *(Mokyr and Strotz, 1998)*.

4. Открытие и освоение месторождений нефти и газа обеспечило развитие химической промышленности, создание двигателей внутреннего сгорания.

5. Огромные новые возможности открылись в связи с развитием добычи и освоением месторождений радиоактивного сырья. Разработка месторождений уранового сырья в Руд-

ных горах Саксонии непосредственно после Второй мировой войны создала возможность создания первой советской атомной бомбы, что определило возможность равновесия военных сил в обстановке холодной войны. С разработкой урановых месторождений связана и новая эпоха в развитии энергетики.

Наконец, крупные месторождения минерального сырья определяли историческое развитие целых стран и огромных районов. Открытие Витватерсранда и алмазных месторождений Южной Африки покончили с колониализмом в Африке (главы 1.7, 1.9).

В обеспечении сырьевой базы развития экономического прогресса состоит главная задача геологов. Все приведенные в различных главах этой книги материалы показывают, что экономическим преобразованиям всегда предшествовало обнаружение минеральных месторождений и, если необходимо, новых видов минерального сырья, обеспечивающих экономическое развитие. Такими были месторождения железа, обеспечившие создание металлоемкого производства; технические алмазы, давшие возможность высокой производительности металлорезания и бурения; олово, использование которого привело к созданию бронзы; медь, без которой была бы невозможна электротехника; калиевые соли, обеспечившие возможность «зеленой революции» и тем спасшие человечество от угрозы недостатка продуктов питания. Наконец, редкие металлы, использование которых лежит в основе современных технологий.

Нет ничего более ошибочного, чем представление о геологе, как о человеке, занимающемся исключительно преодолением трудностей полевой жизни. За последние две сотни лет истории геологи систематизировали основные типы месторождений полезных ископаемых и создали серию моделей их образования, сочетающих данные структурной геологии, генетической минералогии, физической химии, с учетом влияния планетарных факторов. Так было создано учение о геологии месторождений полезных ископаемых. Именно это способствовало успеху, и в итоге даже в резко усложнившихся условиях конца XIX – начала XX века была открыта серия крупнейших месторождений различного вида сырья, таких, как алмазные месторождения Южной Африки, крупнейшее золоторудное месторождение мира Витватерсранд, Криворожский железорудный бассейн, комплексные месторождения типа Седбери – Норильска I, Талнах и многие другие.

В главе 2.5 я не удержался от соблазна поместить галерею портретов замечательных людей, чьи труды сделали это возможным.

В XXI веке ситуация остаётся прежней, и потребность в различных видах сырья резко возросла, а количество относительно крупных, еще не открытых, месторождений резко уменьшилось. Обстановка, в которой протекают поиски, стала еще сложнее. Задачи же перед поисковиками и характер стимулирования результативности поиска, увы, остаются прежними, сугубо идеалистическими. Между тем процесс поиска резко усложнился.

Интенсивный рост мировой экономики и параллельное быстрое исчерпание количества относительно легко открываемых (и достаточно крупных) месторождений резко повышают требования к качеству геологоразведочных работ, освоению новых типов месторождений и сырья. Это ставит вопросы о необходимости усовершенствования системы профессионального обучения геологов и стимуляции открытия новых промышленных месторождений минерального сырья.

Совершенствование профессионального образования геологов представляет особую тему, выходящую за рамки настоящей работы. Отметим лишь настоятельную необходимость введения курсов, связанных с экономической оценкой разведанных месторождений, а также назревшую необходимость преподавания истории геологических наук.

На этом фоне вести к успеху могут только два пути:

Интенсификация и расширение образовательных курсов в процессе обучения.

Изменение методов стимулирования открытия, делающее открытие месторождения еще более желанным.

К большому сожалению, от решения судьбы крупнейших горнорудных объектов продолжают отстраняться ученые-геологи, профессионально наиболее компетентные в этих вопросах. Максимум, что они позволяют себе – давать научные консультации, решение же об освоении, по их мнению, должно принимать руководство страны (в частности, администрация Президента). Ни малейшей инициативы в организации проектов, даже прямо касающихся профессиональных научных интересов того или иного научного института, и речи не идет. Я непосредственно наблюдал это в отношении по крайней мере двух объектов: алмазов Попигайской котловины и редкоземельной минерализации массива Томтор. Когда я пишу этот текст, я стремлюсь только оставить личное свидетельство о том, что происходило на моих глазах на этих объектах мирового значения, считая это важным элементом истории науки.

Литература

Denver, Population, 2014.

Mokyr, J., and Strotz, R. H., 1998, The Second Industrial Revolution, 1870–1914.

Заключение

Использование минеральных богатств Земли – один из важнейших факторов, влияющих на пути развития человечества, его Историю. Иллюстрацией этой, в общем-то довольно очевидной, взаимосвязи могут служить истории открытия и освоения самих месторождений, описанные в первой части книги.

Первоначально движущим мотивом поиска месторождений был самый сильный из инстинктов – инстинкт самосохранения вида.

Последующие истории находок и освоения месторождений полезных ископаемых связаны с совершенствованием материалов для изготовления всевозможных орудий. Таким образом, с зарождения человеческого общества открытие новых месторождений минерального сырья выступало в роли генератора прогресса цивилизации. Так, разработка медных месторождений привела к созданию первого в истории нового синтетического материала – бронзы и зарождению металлургии; в разных частях света родились металлургические центры. Скачок из Каменного века в Бронзовый можно считать одной из первых промышленных революций, за которой последовал ряд других: развитие химии, создание летательных аппаратов и «зеленая революция». От медных сплавов был один шаг к Железному веку.

Прогрессирующая технология производства, сделавшая рентабельным использование железных руд с повышенным содержанием фосфора и серы, способствовала вовлечению в промышленный оборот железорудных месторождений Швеции. Британские металлургические заводы так нуждались в руде, что Англия взяла на себя сооружение железной дороги, открывшей возможность эксплуатации месторождений Кируны. Усиленное использование в производстве черных металлов древесного угля привело к вовлечению в оборот железорудных месторождений Урала. Разработка технологии производства металла шла рука об руку с развитием технологии промышленности в целом.

Огромная потребность в металле делала уже на начальной стадии разработку железорудных месторождений зависимой от инфраструктуры. Железорудные месторождения Басконии малы и по запасам и по содержаниям металла, но их было выгодно эксплуатировать, поскольку они лежали на удобных транспортных путях, и при их разработке можно было использовать местную дешевую рабскую силу.

Но особо интенсивное влияние минеральных месторождений на Историю началось с одного из величайших изобретений – введения денежного обмена и создания денег.

Открытие крупных месторождений серебра привело к полному изменению государственного строя Афин, созданию Афинской демократии и победе греков в греко-персидских войнах, утверждению Саксонии и Богемии как поставщиков серебра имперской Вене. Испания в результате поставок американского серебра становится мировым финансовым центром.

Судьба месторождений самого ценного сырья – алмазов ювелирного качества, – отражала специфику господствовавшей экономической системы и личные качества владельцев месторождений. Недаром открытие алмазных месторождений Южной Африки имело своим результатом создание мировой монополии, контролировавшей добычу и сбыт алмазного сырья – компании Де Бирс, а открытие алмазов Сибири привело к криминальной попытке организации экспорта алмазов.

Крупные месторождения минерального сырья определяли историческое развитие целых стран и огромных районов. Разработка железорудных месторождений Кируны определила нейтральный статус (и судьбу) Швеции в двух мировых войнах. Открытие Витватерсранда и алмазных месторождений Южной Африки покончили с колониализмом в Африке.

Другой стороной эксплуатации минеральных богатств предстает сложная проблема сохранения природы и обеспечение опережающего роста запасов наиболее перспективных видов минерального сырья.

Изначально разработка минеральных ресурсов приводила к необратимым изменениям лика Земли. Исключительное использование древесины для угля в металлургии создало угрозу дефорестации обширных районов, прилегающих к металлургическим центрам. Практически исчезли леса на Кипре, в Ливане, Закавказье, на Иберийском полуострове. В результате произошел переход к использованию ископаемых каменных углей в цветной и черной металлургии. Это, в свою очередь, привело к разработке бассейнов каменного угля и созданию в них крупных, как правило, работавших на привозной руде, металлургических центров и металлоемкого производства. Примерами могут явиться угольный бассейн Уэльса (Великобритания), Рур (Германия), угольные бассейны Южной Бельгии и Донбасса (юг России). За открытием новых месторождений стоят люди, которых я чисто условно называю Геологами, но они конечно же в прямом смысле этого слова не были ими (как не было и самой науки о Земле). «Док» Уильямсон был редким исключением среди них. Помимо мечты созидателей их общей чертой было понимание перспектив развития экономики и ее нужд. Именно это уравнивает Кадма и Поля, Рокефеллера и Родса.

История показала, что все апокалиптические предсказания близкого исчерпания запасов различных видов сырья оказались ложными. Это и есть главный результат большой творческой работы геологов.

Нет ничего более ошибочного, чем представление о геологе, как о человеке, занимающемся исключительно преодолением трудностей полевой жизни. За последние двести лет истории геологи систематизировали основные типы месторождений полезных ископаемых и создали серию моделей их образования, сочетающих данные структурной геологии, генетической минералогии, физ. химии с учетом влияния планетарных факторов. Так было создано учение о геологии месторождений полезных ископаемых.

Прогресс экономики привел к быстрому истощению количества богатых и относительно легко открываемых месторождений. Результатом этого явилось вовлечение в поисковые работы все новых и новых территорий как на суше так и на дне морей и океанов. Одновременно резко увеличилась глубина бурения. Средняя глубина нефтяных скважин в США в начале XX века составляла от десятков до первых сотен метров, сегодня она равна 1000–1500 метров. Интенсивная эксплуатация недр сделала защиту природы и ограничения воздействия на окружающую среду насущной необходимостью. В связи с этим встает вопрос о моральной ответственности геологов за сохранение планеты Земля, в точности та же проблема, что встала перед физиками-ядерщиками после создания ядерного оружия.

Создание здоровой моральной атмосферы настоятельно требует запрета практики приписывания административных чиновников в соавторы научных работ. Мне кажется что Российская Академия могла бы взять на себя инициативу в этом, публикуя в открытой печати имена нарушителей.

Благодарность

Я никогда не смог бы написать эту книгу, если бы не помощь многих друзей. Прежде всего это относится к В. И. Белоусову. Благодаря открытому им для меня сайту я получил «второе дыхание» и смог продолжить творческую работу. Со временем мы в соавторстве выполнили несколько работ, касающихся генезиса тепла Земли, базальтового вулканизма и истории камчатской геотермальной энергетики. Наше сотрудничество с Володей было свободно от, увы, обычного скрытого соперничества соавторов. На протяжении нескольких лет мы ежедневно обменивались посланиями по электронной почте. Я очень признателен ему за исключительно оперативное исполнение многочисленных просьб. Отправляя ему для замечаний и поправок очередную главу, я был уверен, что назавтра получу все сделанным. Мы старались соперничать в подборе наиболее интересного текстового и иллюстративного материала. Так вне плана индивидуальных работ каждого появилась большая статья о базальтовом вулканизме, помещаемая во втором издании книги «Месторождения и История», глава «Тепло Земли», а также работы о природе скарнов и статья о методе актуализма. Сегодня мы продолжаем эту традицию, работая над проблемами геодинамики платформ.

Помощь технического редактора книги – Юрия Филиппова, избавила читателей от чтения, увы! многочисленных повторов фраз и абзацев и несогласованных оборотов и выражений в окончательном тексте. Его замечания сопровождались страстными выказываниями по различным моральным и политическим вопросам, с большей частью которых я был несогласен, и потому оставил их без внимания. Так-что я один несу полную ответственность за высказанные в книги оценки. Юра не имеет к ним никакого отношения.

Помощь Татьяны Николаевны Соловьевой была бесценна в подборе русскоязычного библиографического материала. Ею были сделаны важные добавления о маркетинге месторождения пемз Курильского озера (Южная Камчатка).

Р. Н., А. Л. Эрлих и Ф. Персиц помогли в редактуре целой серии глав. Замечания Р. Н. Эрлиха были особенно ценны, поскольку они сочетали точность с профессиональной оценкой текста. Приведение формата книги в соответствие с требованиями издательства не могло быть выполнено без помощи мистера Майкла Покстиса (Mr. Michel Paukstis, Denver, CO). Многочисленные и кропотливые работы по форматированию текста выполнены с помощью мистера Стива Сатли (Mr. Stephen J. Sutley Denver, CO).

Книга в целом могла быть выполнена только благодаря постоянной требовательной помощи моей дорогой жены Розы.

Всем этим благородным людям моя искренняя благодарность.