



**Разрывная
тектоника
Верхнекамского
месторождения
солей**



ШЕДЕСЬ ОБЪЕКТОВ ГОДА НА ТЕРРИТОРИИ 623 МЕТРОВ
ПЕРИМЕТРА ВЕРХНИЙ РАЙОН КАМНИНСКОГО РАЙОНА.

СКВ. N1
06.09.25г.
16.01.26г.

MINING INSTITUTE UB RAS
PERM STATE UNIVERSITY

Faults
on the Verkhnekamskoe
deposit
of salts

Edited by Alexey I. Kudryashov

Perm 2004

ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РАН
ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

*Разрывная
тектоника
Верхнекамского
месторождения
солей*

Под научной редакцией А.И. Кудряшова

Пермь 2004

УДК 551.24
ББК 26.324
Р 177

Авторский коллектив:

А.И. Кудряшов,
В.Е. Васюков,
Г.С. Фон-дер-Флаасс,
Е.А. Иконников,
В.А. Гершанок,
Л.А. Гершанок,
С.В. Глебов.

Р 177 *Разрывная тектоника Верхнекамского месторождения солей* / А.И. Кудряшов, В.Е. Васюков, Г.С. Фон-дер-лаасс и др.; Под науч. ред. А.И. Кудряшова. - Пермь: ГИ УрО РАН, 2004. - 194 с.: ил. 65. - Библиогр.: с. 158-167. – ISBN 5-89095-096-07

В монографии изложены результаты инвентаризации и анализа крупных разрывных нарушений, выделенных предшественниками, и на основе комплексной оценки их достоверности предложена новая схема разломов Верхнекамского месторождения солей. Рассмотрены новые факты проявления разрывной тектоники в его разрезе. Приведена критика концепции региональных надвигов.

Книга рассчитана на специалистов, занимающихся изучением геологического строения и генезиса месторождений солей.

Ил. 65, табл. 9, библи. 122.

Рекомендовано к изданию Ученым советом
Горного института УрО РАН

На авантитуле – памятный знак на месте проходки солеразведочной скважины № 1 в г. Соликамске

ISBN 5-89095-096-7

© Коллектив авторов, 2004

© Горный институт УрО РАН, 2004

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	4
СПИСОК УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ.....	6
1. КРАТКАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	7
1.1. Стратиграфия и литология.....	9
1.2. Тектоника.....	17
1.3. Гидрогеология.....	21
2. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРЕДЫДУЩИХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАЗРЫВНОЙ ТЕКТониКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	34
2.1. Геолого-геофизическая изученность.....	34
2.2. Характеристика выявленных разломов.....	54
2.3. Проблема региональных надвигов.....	59
3. ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ ОДИНОЧНЫХ РАЗЛОМОВ.....	90
3.1. Некоторые термины и определения.....	90
3.2. Признаки разломов.....	93
3.3. Комплексная оценка достоверности выделения одиночных разломов.....	101
4. РАЗРЫВНЫЕ СТРУКТУРЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	106
4.1. Общая схема разломов.....	106
4.2. Проявление разломов в разрезе месторождения.....	118
4.3. Некоторые особенности проявления разломов в строении соляной толщи.....	151
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	156
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	158
ПРИЛОЖЕНИЯ	
1. Использованные фондовые материалы.....	168
2. Краткая авторская характеристика разломов.....	173
3. Результаты проверки проявления одиночных разломов в геолого-геофизических полях ВКМС.....	184
УКАЗАТЕЛЬ ИМЕН.....	188
СПИСОК ИЛЛЮСТРАЦИЙ.....	191

ПРЕДИСЛОВИЕ

Благодаря масштабам и практическому значению Верхнекамское месторождение солей (ВКМС) всегда привлекало внимание исследователей. После 1925 г. (год открытия) опубликовано около 1000 работ, освещающих его геологическое строение и генезис, наиболее крупными из которых являются четыре монографии [38, 40, 55, 85]. Научные исследования и практика освоения показали, что тектоника определяет основные факторы горно-геологических условий ведения добычных работ на калийных рудниках Верхнекамья. Крупные пликативные структуры месторождения выявлены и изучены бурением скважин и геофизическими исследованиями достаточно детально, а складки среднего и малых размеров наблюдаются визуально в ходе подготовки шахтного поля. Разрывные дислокации и особенно разломы изучены в гораздо меньшей степени. Предыдущими геологическими и геофизическими исследованиями в пределах ВКМС выделено более полутора сот крупных разрывных нарушений, но этот огромный материал до сих пор не нашел надлежащего анализа и обобщения. В этом отношении не являются исключением и упомянутые выше четыре монографии.

Предлагаемая книга, написанная специалистами Горного института УрО РАН, геологического факультета Пермского государственного университета и ОАО «Уралкалий», в значительной степени восполняет этот явный пробел. В ней дана комплексная оценка достоверности разломов, выделенных многочисленными предшественниками, большое внимание уделено анализу концепции региональных надвигов и освещены вновь выявленные проявления разрывной тектоники в разрезе ВКМС.

Основой для написания книги явились результаты исследований, выполненных по договорам с ОАО «Уралкалий» и ОАО «Сильвинит». Кроме авторов, непосредственное участие в выполнении полевых работ и оформлении книги принимали сотрудники

лаборатории геологических проблем техногенеза Горного института УрО РАН О.Ф. Корочкина, С.Г. Горбунов, Л.В. Андрейко, О.И. Галинова и Е.А. Шамова. Проведению этих исследований содействовали специалисты ряда организаций. В частности, большая помощь в форме ценных консультаций и плодотворных обсуждений была оказана чл.-корр. РАН А.А. Маловичко, д.г.-м.н. В.М. Новоселицким, к.т.н. С.Г. Бычковым (ГИ УрО РАН), С.Ю. Квиткиным, Ю.А. Плотниковым (ОАО «Уралкалий») и А.И. Сулима (ООО «ПермНИИнефть»). Особая благодарность старшему геологу СКПРУ-3 В.А. Шабакину, оказавшему содействие в изучении трещиноватости солей.

Обычно в печатных работах не принято делать ссылки на фондовые материалы, тем не менее, авторы посчитали своим долгом привести перечень основных отчетов предшественников (прил. 1), которые использовались при выполнении настоящей работы. Ссылки в тексте на эти работы приведены в круглых скобках с указанием фамилии автора (или первого автора) без инициалов и года: например, так – (Аверьянов и др., 1992).

СПИСОК УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

БКЗ – Березниковский калийный завод

БКПРУ – Березниковское калийное производственное рудо-
управление

ВЗТ – водозащитная толща

ВКМС – Верхнекамское месторождение солей

ГАТ – глинисто-ангидритовая толща

ДРК – динамические разновидности каменной соли

Зона ТДР – зона термодинамического разубоживания

Зона РФСД – зона разрывных и флексурно-складчатых де-
формаций

КЗ – карналлитовая зона калийной залежи

ОЭУ – опытно-эксплуатационный участок

ПдКС – подстилающая каменная соль

ПКГРЭ – Пермская комплексная геологоразведочная экспе-
диция

ПКС – покровная каменная соль

ПП – переходная пачка

ПЦТ – пестроцветная толща

СЗ – сильвинитовая зона калийной залежи

СКПРУ – Соликамское калийное производственное рудо-
управление

СМТ – соляно-мергельная толща

ТКТ – терригенно-карбонатная толща

УПБГРР – управление подземного бурения и геологоразве-
дочных работ

1. КРАТКАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ

ВКМС находится в пределах Пермской области, главным образом на левобережье р. Камы (рис. 1.1), и в тектоническом отношении приурочено к центральной части Соликамской впадины Пре-

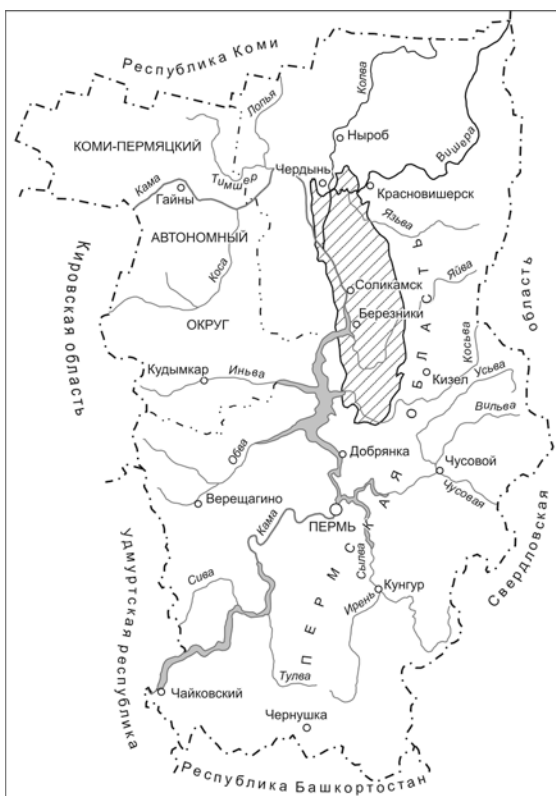


Рис. 1.1. Географическое положение ВКМС (штриховкой отмечена площадь развития соляной залежи)

дуральского краевого прогиба (рис. 1.2). Соляная толща месторождения, имеющая форму линзы площадью около 8,1 тыс. км², прослеживается в меридиональном направлении на 205 км, в широтном – до 55 км. Внутри контура соляной толщи расположена

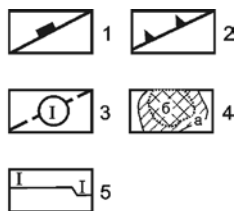
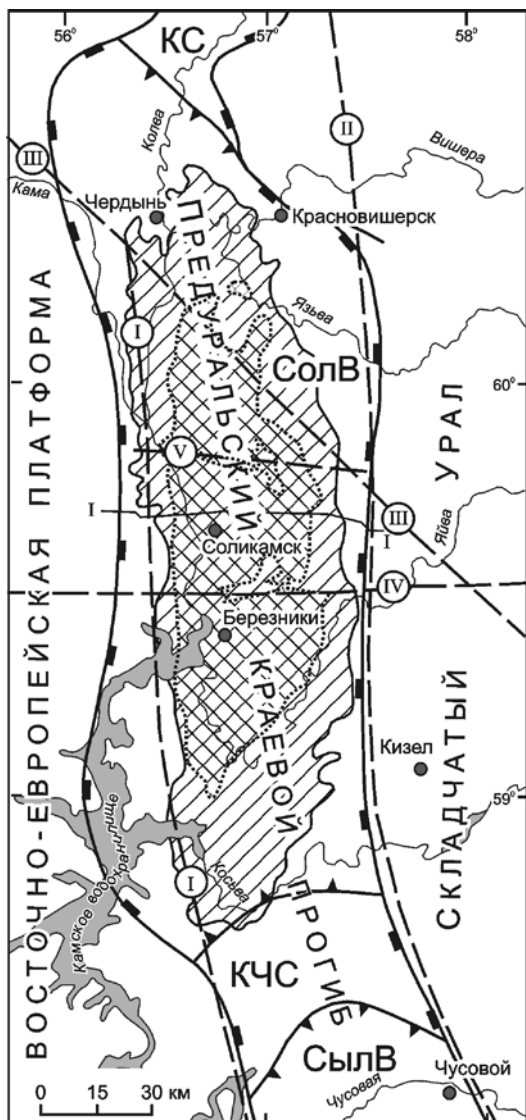


Рис. 1.2. Структурно-тектоническое положение ВКМС [55]: 1 – границы Предуральского краевого прогиба; 2 – границы седловин и впадин: КС – Колвинская седловина, СолВ – Соликамская впадина, КЧС – Косьвинско-Чусовская седловина, СылВ – Сылвенская впадина; 3 – региональные разломы: Красноуфимский (I), Западно-Уральский (II), Предтиманский (III), Дуринский (IV), Боровицкий (V); 4 – площади распространения соляной толщи (а) и калийной залежи ВКМС (б); 5 – линия геологического разреза

многопластовая залежь калийно-магниевых солей протяженностью 135 км при ширине до 41 км. Площадь основной части калийной залежи – 3,7 тыс. км².

Месторождение комплексное: на его базе ведется добыча сильвинитов (сырье для производства калийных удобрений), карналлита (получение искусственного карналлита для магниевой промышленности), каменной соли (технической, кормовой, пищевой) и рассолов (сырье для производства соды, энергетика). Геологические запасы месторождения огромны и оцениваются по карналлитовой породе в 96,4 млрд. т, по сильвинитам – 113,2 млрд. т, по каменной соли – 4,65 трл. т.

1.1. Стратиграфия и литология

Геологический разрез ВКМС наиболее полно изучен опорной (скв. 1-ОП, глубина 2973 м) и нефтепоисковыми скважинами, которыми вскрыты алевролиты, аргиллиты и песчаники кудымкарской свиты (*Vkd*) валдайской серии вендского комплекса. Вскрытая мощность этого комплекса – 342 м. Выше залегают отложения девонской, каменноугольной, пермской, палеогеновой (?), неогеновой (?) и четвертичной систем (рис. 1.3). Собственно месторождение представлено солями галогенной формации Соликамской впадины, которая включает отложения карнауховской, березниковской свит и нижнесоликамской подсвиты [40] (рис. 1.4).

Карнауховская свита (*P₁kr*) представлена четырьмя чередующимися пачками сульфатных и карбонатных пород. Ангидритовая порода первой и третьей снизу пачек имеет голубовато-серый цвет, массивную текстуру. Она содержит примесь доломита, прослои карбонатных пород (до 3 м) и тонкие прослои мергелей и глин. Мощности ангидритовых пачек составляют 5-100 м. Карбонатные породы второй и четвертой пачек представлены известняками, доломитизированными известняками, доломитами, мергелями и карбонатными глинами. Встречаются отдельные прослои и включения ангидрита и гипса. Мощность нижней карбонатной пачки 6-80 м, верхней – 8-35 м [40]. Общая мощность свиты – около 100 м.

Березниковская свита состоит из глинисто-ангидритовой (ГАТ) и соляной толщ.

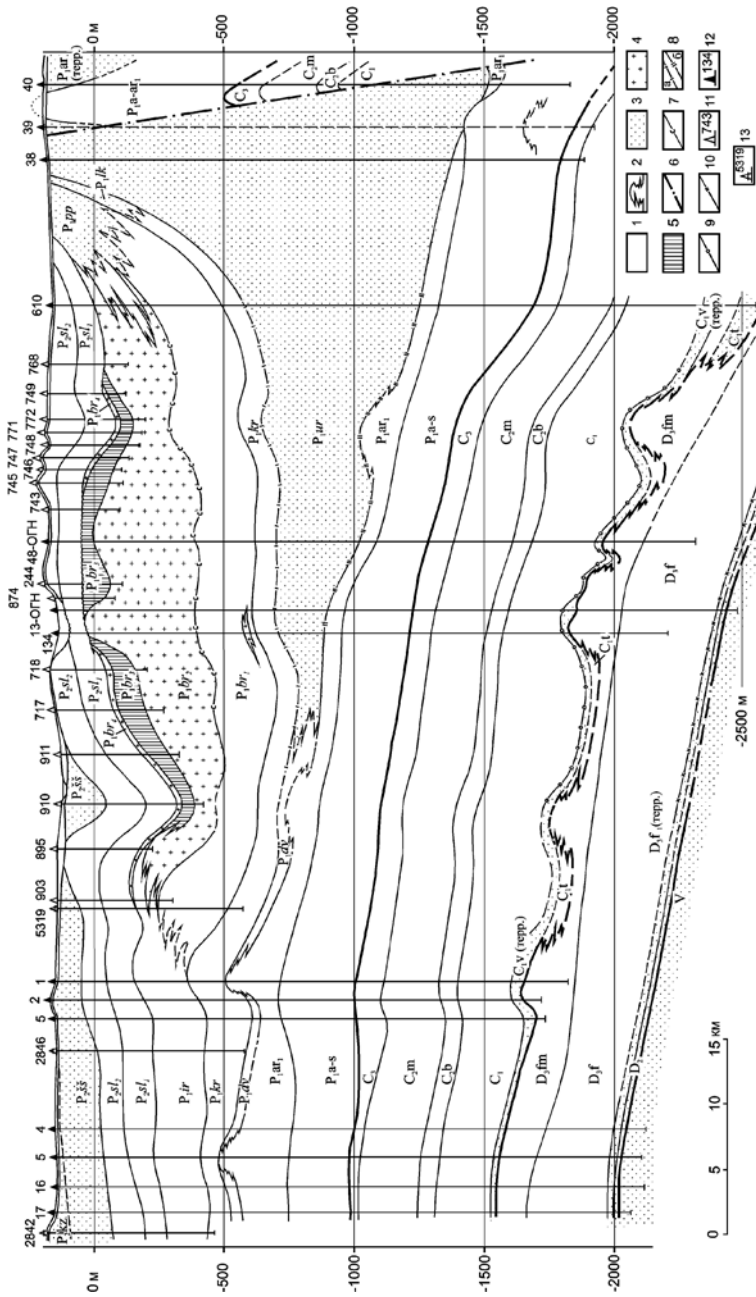


Рис. 1.3. Геологический разрез Соликамской впадины по линии I-I (см. рис. 1.2) [55]: 1 – карбонатные и существенно карбонатные отложения; 2 – рифовые постройки; 3 – преимущественно терригенные отложения; 4 – каменная соль; 5 – калийные и калийно-магниевые соли; 6 – Всеволодо-Вильвенский надвиг; отражающие горизонты: 7 – по подошве соляной толщи (ОГ С); 8 – по кровле терригенной – а (ОГ А^Т) и карбонатной – б (ОГ А^К) толщ артинского яруса; 9 – по кровле терригенной пачки визейского яруса (ОГ II); 10 – по кровле терригенной пачки тиманского горизонта (ОГ III); скважины и их номера: 11 – солеразведочные; 12 – нефтяные; 13 – структурные

Свита, подсвита	Толща	Пачка, зона	Литология	Средняя мощность, м
Нижнесоликамская подсвита P_{2st}	Соляно-мергельная (СМТ)	III	+	20
		ПКС	+	20
		КЗ		54
		СЗ	▒	17,5
Березниковская свита P_{1br}	Соляная	ПдКС	+	25
			+	330
Карнауховская свита P_{1kr}	Глинисто-ангидритовая (ГАГ)		+	230
			>	100

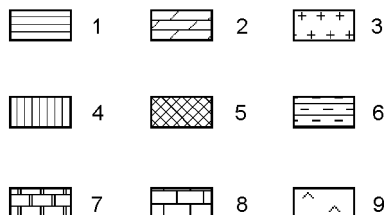


Рис. 1.4. Стратиграфический разрез галогенной формации Соликамской впадины [55]: 1 – глина; 2 – мергель; 3 – каменная соль; 4 – карналлитовая порода и каменная соль; 5 – сивлинит и каменная соль; 6 – аргиллит; 7 – доломит; 8 – известняк; 9 – ангидрит

Глинисто-ангидритовая толща (P_{1br}), которую А.А. Иванов называет глинисто-карбонатной сульфатно-соленосной толщей

[40], а В.И. Копнин [51] – глинисто-доломито-ангидритовой подтолщей, сложена мергельями и аргиллитами, доломитами и, в меньшей степени, известняками, ангидритовой породой, каменной солью, алевролитами, песчаниками. Мощность этой толщи изменяется от 145 м (на западе впадины) до 325 м (на востоке) [40], в среднем составляя 230 м.

Соляная толща общей мощностью до 550 м подразделяется (снизу вверх) на подстилающую каменную соль (ПдКС – P_1br_2), калийную залежь (P_1br_3), состоящую из сильвинитовой (СЗ) и карналлитовой (КЗ) зон, и покровную каменную соль (ПКС – P_1br_4) (см. рис. 1.4).

ПдКС делится на три пачки (горизонта [40]).

Нижняя пачка сложена чередующимися пластами (слоями) каменной соли и терригенно-хемогенных пород. Последние представлены глинисто-(мергельно)-ангидрито-доломитовыми, глинисто-(мергельно)-гипсово-ангидритовыми и доломито-ангидритовыми разностями, а также алевролитами и песчаниками. Количество пластов (слоев) терригенно-хемогенных пород колеблется от 1 до 5, а их мощность изменяется от 0,5 до 43 м [5]. Мощность нижней пачки ПдКС изменяется от 61 до 98,6 м.

Средняя пачка представлена мощной, относительно однородной каменной солью, в которой встречаются прослои глинисто-ангидритового материала мощностью от 0,05 до 0,5 м (средняя 0,15-0,2 м). В пределах двух небольших участков южной части месторождения (рис. 1.5) в кровле этой пачки серией солеразведочных и нефтяных скважин вскрыт пласт красного сильвинита, названный пластом КрIV [54]. Мощность пласта сильвинита колеблется от 0,6 м (скв. 69 и 987) до 3,45 м (скв. 424), содержание КСI – от 15,46 до 23,15%.

Мощность средней пачки ПдКС – 50-440 м.

В основании верхней пачки находится пласт «маркирующая глина» (МГ). Этот пласт является самым надежным маркирующим горизонтом соляной толщи месторождения. Мощность пласта МГ изменяется от 0,8 до 1,4 м. Мощность верхней пачки ПдКС колеблется от 8 до 66 м, составляя в среднем 25 м [40].

Общая мощность ПдКС изменяется от 50 м и менее (в зонах выклинивания) до 515 м во внутренних частях впадины, составляя в среднем около 330 м.

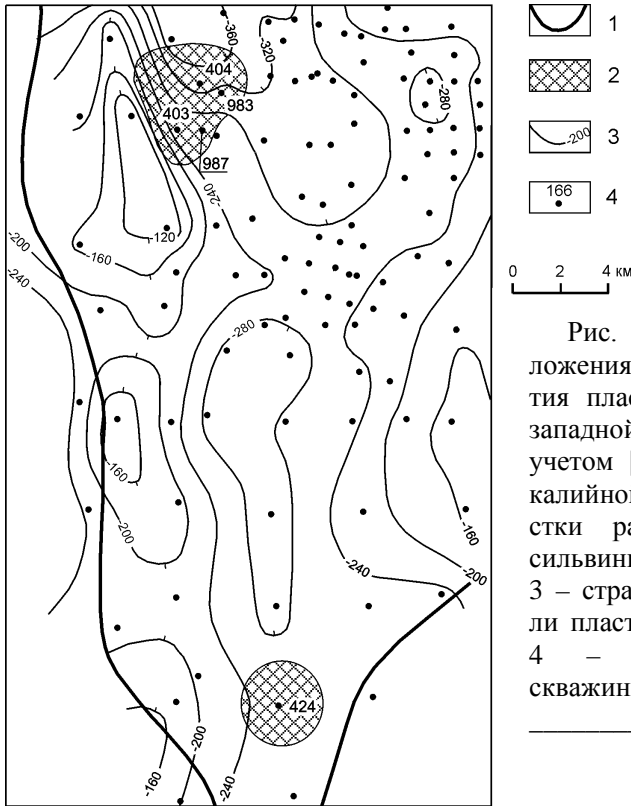


Рис. 1.5. Схема расположения участков развития пласта КрIV в юго-западной части ВКМС (с учетом [31]): 1 – контур калийной залежи; 2 – участки развития красных сильвинитов пласта КрIV; 3 – стратоизогипсы кровли пласта МГ (в метрах); 4 – солеразведочные скважины и их номера

Калийная залежь Верхнекамского месторождения представлена серией продуктивных пластов, разделенных каменной солью (рис. 1.6). По составу продуктивных пластов залежь делится на сильвинитовую и карналлитовую зоны.

Сильвинитовая зона сложена пластами красных (КрIII, КрII, КрI) и полосчатых (А) сильвинитов, отделенных пластами каменной соли (КрII-КрIII, КрI-КрII, А-КрI).

Пласт КрIII разделен двумя пластами (слоями) каменной соли мощностью 0,2-4,5 м на три самостоятельных пласта – КрIII^а, КрIII^б, КрIII^в. Пласт КрII разделяется на семь слоев (нумерация сверху вниз), из которых нечетные сложены богатым красным сильвинитом, а четные – бедным.

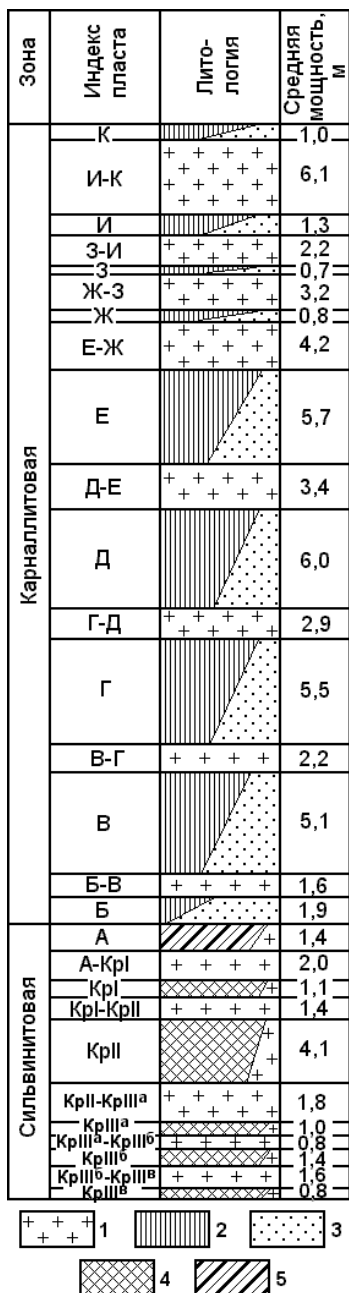


Рис. 1.6. Стратиграфический разрез калийной залежи ВКМС: 1 – каменная соль; 2 – карналлитовая порода; 3 – пестрый сильвинит; 4 – красный сильвинит; 5 – полосчатый сильвинит

Пласты каменной соли сильвинитовой зоны имеют ритмичное строение. В основании каждого ритма залегают более или менее мощный прослой глинисто-ангидритового материала, который перекрывается пачкой каменной соли. Мощности ритмов увеличиваются вверх по разрезу, при этом мощности прослоев глинисто-ангидритового материала уменьшаются. Каждая пачка каменной соли вместе с прослоем глинисто-ангидритового материала, входящего в состав залегающего выше ритма, образует «корж» (терминология горняков).

В верхней части пласта А-КрI (в 0,2 м от кровли) имеется прослой красного сильвинита А' мощностью 0,25 м.

Мощность сильвинитовой зоны изменяется от 3,3 до 30,0 м и в среднем равна 17,4 м.

Карналлитовая зона сложена чередующимися пластами калийно-магниевых солей (девять слоев, которые индексируются снизу вверх буквами от Б до К) и каменной соли (восемь слоев – от Б-В до И-К). В основании зоны, непосредственно на пласте А, залегают пласт Б (см. рис. 1.6).

Пласт В разделяется на шесть слоев. Нумерация слоев (снизу вверх) от V_1 до V_6 : четные слои – это богатые карналлитовые слои, нечетные – преимущественно галитовые.

В верхней части пласта Б-В (в 0,35 м от его кровли) располагается слой-спутник В' средней мощностью 0,4 м (при карналлитовом составе) и 0,25 м (при сильвинитовом составе).

Мощность карналлитовой зоны изменяется от 38 до 80 м (средняя – 53,8 м).

Покровная каменная соль (ПКС) распространена на преобладающей площади месторождения, но отсутствует на сводах некоторых поднятий. По внешнему облику она заметно отличается от подстилающей: слоистость более тонкая и неровная, прослои часто выклиниваются, структура более мелкозернистая, окраска светлее. Мощность ПКС меняется незначительно (16-22 м) и в среднем равна 20 м.

Нижнесоликамская подсвита (P_2sl_1) в галогенной формации представлена соляно-мергельной толщей (СМТ), которая распространена на всей площади месторождения. В разрезе СМТ выделяется девять ритмопачек (рис. 1.7). Семь нижних ритмопачек содержат по два пласта: нижний пласт сложен глиной или мергелем, а верхний – каменной солью или гипсовой (глинисто-гипсовой) породой. Нижняя часть восьмой ритмопачки сложена мергелями и глинисто-карбонатно-сульфатными породами, а верхняя представлена глинисто-гипсовой породой. Девятая пачка сложена глинистыми и карбонатными породами с прослоями гипса, реже – ангидрита. В глубоких понижениях рельефа ПКС в разрезах восьмой и девятой ритмопачек встречаются маломощные прослои каменной соли.

Нижняя часть СМТ, содержащая пласты каменной соли, носит название переходной пачки (ПП). Количество пластов каменной соли в ПП различно, но максимальное их количество встречается в центральных частях крупных отрицательных структур месторождения. Мощность пластов каменной соли ПП – от первых дециметров до 10 м. Кровля ПП проводится по первому сверху пласту каменной соли, т.е. не является стратиграфическим уровнем, так как представляет собой соляное зеркало. Мощность ПП достигает 88 м, составляя в среднем 20 м. Общая мощность СМТ изменяется от 15 до 160 м и в среднем близка к 100 м.

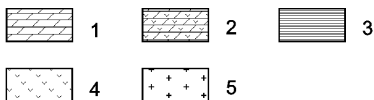
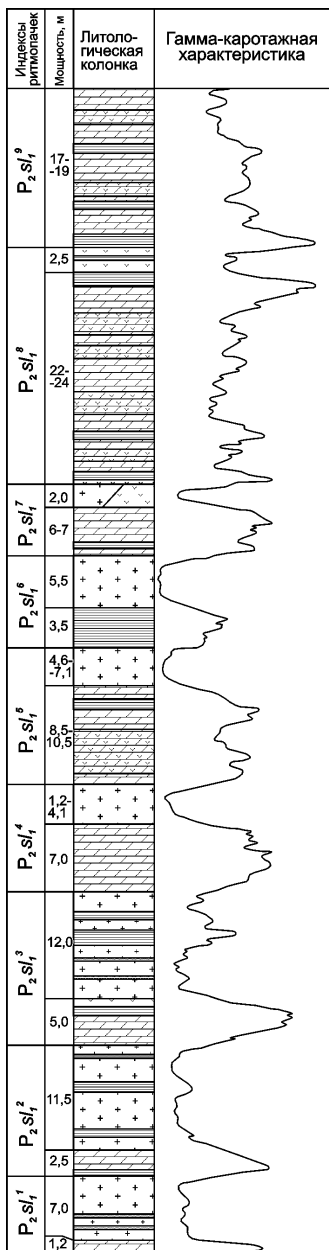


Рис. 1.7. Сводный стратиграфический разрез СМТ, вне масштаба (по [103]): 1 – мергель; 2 – загипсованный мергель; 3 – глина; 4 – гипсы; 5 – каменная соль

Отметим, что толща, включающая соляную толщу и ПП, далее называется соленосной.

Выше галогенной формации залегает *верхнесоликамская подсвита*, которая на месторождении представлена терригенно-карбонатной толщей (ТКТ – $P_2s_1^2$). ТКТ разделяется В.И. Копниным [51] на две литозоны: нижнюю – плитняковую (мергельно-доломито-известняковую) и верхнюю – известково-терригенную. Плитняковая зона средней мощностью 65-70 м сложена известняками, доломитами и тонкослоистыми мергелями. Известково-терригенная литозона мощностью 52-64 м представлена аргиллитами, алевролитами, мелкозернистыми песчаниками и известняками. Общая мощность ТКТ колеблется от 90 до 170 м.

Шешминская свита ($P_2\check{S}\check{S}$) представлена пестроцветной толщей (ПЦТ). Толща сложена песчаниками и алевролитами бурыми, зеленовато-серыми и серыми, иногда с маломощными пропластками мергеля и из-

вестняка. Песчаники и алевролиты известковистые, косослоистые, нередко с медистыми соединениями в виде малахита и азурита (медистые песчаники). Наблюдается загипсованность в виде линзовидных прослоев, согласных и секущих прожилков гипса. В пределах ВКМС мощность шешминского горизонта изменяется от 0 до 675 м. Максимальные мощности приурочены к Дуринской площади месторождения.

Кайнозойские отложения на площади месторождения развиты фрагментарно. Так, к палеогеновым отложениям А.А. Иванов [40] условно отнес цветные глины и кварцевые песчано-гравийно-галечные отложения, вскрытые в северной части Дуринской площади. Мощность этих отложений – до 17,4 м. Неогеновые (верхнемиоценовые) отложения обнаружены в переуглублениях ложа древнего русла р. Пракамы. Они представлены глинами, песками и суглинками с прослоями торфа и лигнита. Мощность неогеновых отложений – 20-36 м.

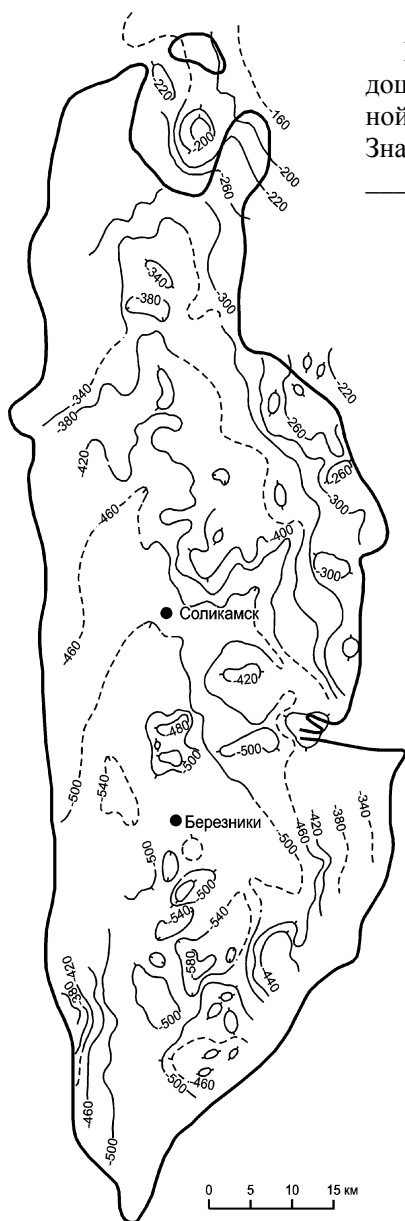
Четвертичная система (Q) представлена рыхлыми образованиями различного происхождения: золовыми песками (до 3 м), торфяно-болотными отложениями (до 5 м), аллювиальными песками, глинами, галечниками (1,5-30 м), озерно-аллювиальными (до 25 м) и перигляциальными (до 10 м) супесями, суглинками и глинами, флювиогляциальными, моренными и другими образованиями (1,5-10 м). В отдельных случаях (переуглубления палеодолин, зоны выщелачивания солей и др.) мощность четвертичных отложений достигает 80 м.

1.2. Тектоника

Соликамская впадина представляет собой меридионально вытянутую структуру протяженностью около 240 км и шириной до 70-75 км (см. рис. 1.2). С севера она ограничена Колвинской седловиной, которая выделяется по выходам артинских и более древних отложений. Ограничивающая впадину на юге Косьвинско-Чусовская седловина отличается повышенным уровнем залегания кунгурских и артинских отложений.

Морфология подошвы соляной толщи. На структурном плане подошвы соляной толщи (рис. 1.8) выделяется пологая брахисинклинальная структура, проходящая через все месторождение с

Рис. 1.8. Структурная карта по подошве соляной толщи в пределах калийной залежи ВКМС (Голубев и др., 1998). Значения изолиний в метрах



севера на юг и осложненная серией куполовидных структур, унаследованных от нижележащих горизонтов.

Шарнир депрессии имеет ное погружение. В южной части ВКМС наиболее погруженная часть впадины находится за-нее г. Березники. Общее по-жение шарнира с севера на юг со-ставляет 320 м (от -220 до -540 м). Превышение бортов синк-линали по отношению к ее осевой части в северной части площади находит-ся в пределах 120-160 м. В южной половине относительная глубина впадины по отношению к восточ-ному борту возрастает до 200 м, а по отношению к западному борту снижается на отдельных участках до 40 м.

Морфология кровли соляной толщи, по данным бурения сква-жин, отражена на структурной карте (рис. 1.9). Как правило, крупные структуры, выраженные в рельефе кровли солей, просле-живаются и во внутренней струк-туре соляной толщи. Структуры, выделяемые по кровле солей, по-казаны на рис. 1.10.

Рис. 1.9. Структурная карта по кровле ПКС в пределах калийной залежи ВКМС (по материалам Б.И. Сапегина и Б.М. Голубева). Значения изолиний в метрах



Внутреннее строение соляной толщи довольно сложное, а по характеру внутрисоляных деформаций соляная толща месторождения разделена Б.М. Голубевым [29, 30] на четыре структурных комплекса, каждый из которых охватывает определенную часть разреза. Внутрисоляные деформации комплексов – это преимущественно складчатые дислокации. Складки отличаются не только по размерам, но и глубине распространения. Во вскрытой подземными горными выработками части разреза соляной толщи этим исследователем выделено четыре порядка складок.

В крупном плане общая пликативная структура надсолевого комплекса пород соответствует структуре кровли соленосной толщи. Детали складчатой тектоники этого комплекса практически не изучены.

На ВКМС имеются разрывные нарушения различных масштабов. Чаще всего они встречаются в карналлитовой зоне калийной залежи, хотя в целом для соляной толщи они не характерны. Более подробные сведения о разрывных структурах приведены в главе 4.

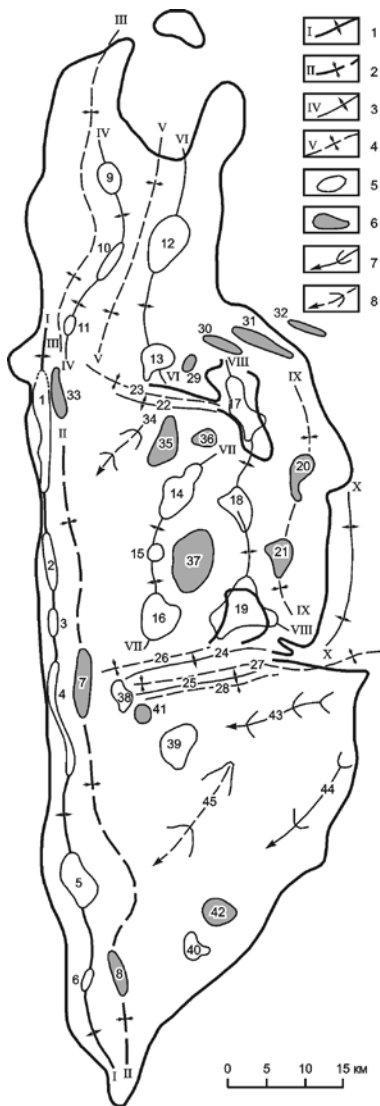


Рис. 1.10. Структурно-тектоническая схема ВКМС в пределах калийной залежи [55]: 1 – валы; 2 – прогибы; 3 – поднятия; 4 – прогибы и синклинали; 5 – купола и брахиантиклинали; 6 – мульды и брахисинклинали; 7 – структурные выступы; 8 – незамкнутые прогибы и синклинали.

I – Камско-Вишерский вал, II – Камский прогиб, III – Губдорский прогиб, IV – Клепиковское поднятие; V – Федюнькинский прогиб, VI – Корельско-Тюлинское поднятие, VII – Соликамское поднятие, VIII – Харюшинское поднятие, IX – Осокинский прогиб, X – Малосурмогское поднятие.

Субширотные валы: 22 – Южно-Боровицкий, 24 – Косиковский, 25 – Ереминский.

Поднятия: 39 – Березниковское.

Купола: 9 – Кузнецовский, 11 – Среднемошевский, 12 – Тюлинский, 13 – Корельский, 14 – Клестовский, 15 – Рудничный, 16 – Поповский, 17 – Потымкинский, 18 – Харюшинский, 19 – Пашковский, 38 – Усть-Ленвинский, 40 – Романовский.

Брахиантиклинали: 1 – Дубровская, 2 – Порошинская, 3 – Пыскорская, 4 – Усольская, 5 – Белопащинская, 6 – Сьньвинская, 10 – Жулановская.

Структурные выступы: 43 – Легчимский, 44 – Еловский.

Прогибы: 23 – Боровицкий, 26 – Усовский, 27 – Гулинский, 45 – Дурманский.

Синклинали: 28 – Северо-Быгельская, 34 – Чертежная.

Мульды: 29 – Азлаская, 35 – Парасинская, 36 – Шубинская, 37 – Тверитинская, 41 – Заячьегорская, 42 – Палашерская.

Брахисинклинали: 7 – Усольская, 8 – Романовская, 20 – Осокинская, 21 – Чуринская, 30 – Тарховская, 31 – Ельническая, 32 – Исток-Боровая, 33 – Нижнемошевская

1.3. Гидрогеология

По гидрогеологическому районированию СССР масштаба 1:2500000 (ВСЕГИНГЕО, 1988) ВКМС принадлежит к Предуральскому сложному бассейну пластовых (блоково-пластовых) вод, к Камско-Чусовской группе бассейнов пластовых вод.

Сама соляная толща содержит небольшое количество рассолов, которые в литературе часто называются маточными или седиментационными рассолами, что не всегда правильно. Эти рассолы лучше называть нейтральным термином – внутрисолевыми водами.

В подземных горных выработках часто распространены рудничные рассолы техногенного происхождения – конденсационные и закладочные. Они представляют собой совершенно обособленный тип рассолов, не связанных с другими природными водами, и поэтому их описание опускается.

Распространение и условия залегания подземных надсолевых вод

Надсолевой комплекс пород ВКМС занимает верхний гидрогеологический этаж [23], нижней границей которого является кровля отложений березниковской свиты, играющей роль регионального водоупора, а верхней – поверхность земли. Подземные воды этажа приурочены к верхнепермским и отчасти к четвертичным и палеоген-неогеновым отложениям.

По действующей схеме гидрогеологической стратификации [82] на территории месторождения в надсолевой толще выделяются следующие гидрогеологические подразделения (Иконников, 1990):

- водоносный локально-слабоводоносный четвертичный аллювиальный горизонт;
- водопроницаемый локально-водоносный днепровский флювиогляциальный горизонт;
- водоупорный лихвинский озерный горизонт;
- водопроницаемый локально-водоносный палеогеновый комплекс;
- слабоводоносный локально-водоносный шешминский терригенный комплекс;
- неводоносный проницаемый (сдренированный) шешминский терригенный комплекс;
- водоносная соликамская терригенно-карбонатная свита.

Основными гидрогеологическими подразделениями, в которых сосредоточены практически все ресурсы подземных вод надсолевой толщи пород, являются водоносная соликамская терригенно-карбонатная свита и слабоводоносный локально-водоносный шешминский терригенный комплекс. Остальные подразделения на месторождении не имеют широкого распространения и поэтому ниже не рассматриваются.

Слабоводоносный локально-водоносный шешминский терригенный комплекс

Комплекс распространен преимущественно в южной части ВКМС. Севернее широты г. Соликамска он имеет фрагментарное развитие, занимая участки междуречий рек Боровая-Глухая Вильва и Боровая-Клестовка. Водоносные породы (известняки, песчаники, алевролиты) залегают в виде прослоев и линз различной мощности, при этом основными водовмещающими породами служат песчаники (66% занимают родники, приуроченные к выходам песчаников). Водоупорными отложениями являются нетрещиноватые аргиллиты, алевролиты.

По вертикальному разрезу водоносные слои распределяются неравномерно. Наибольшая их частота отмечается до глубины 60-80 м. Ниже, в связи с затуханием трещиноватости, частота водопритоков уменьшается. Исключение представляют скважины, пробуренные в зонах разрывных нарушений.

В верхней части комплекса, выше местного эрозионного вреза, развиты трещинно-грунтовые воды, ниже – трещинно-пластовые.

Трещинно-грунтовые воды обычно безнапорные, либо обладают местным напором, обусловленным литологофациальной неоднородностью разреза. Глубина залегания подземных вод зависит от глубины расчлененности рельефа и колеблется от 0 до 50 м, увеличиваясь от речных долин к водоразделам. На участках, где имеются «подвешенные» горизонты, связанные с локальными водоупорами, наблюдается отклонение от этой закономерности.

Трещинно-пластовые воды в зависимости от положения в рельефе вскрываются скважинами на глубинах 10-100 м. Воды субнапорные. Напор возрастает по мере увеличения глубины залегания водоносных пластов от 5-10 до 50-100 м и более. Иногда скважины самоизливают (Мошковский и др., 1968).

Водообильность комплекса в целом невысокая, что связано с преобладанием в разрезе пород с низкими фильтрационными свойствами. Дебиты родников варьируют от десятых долей до 30 л/с. Преобладающие значения дебитов не превышают 0,3-0,5 л/с. Крупные по дебиту родники приурочены к положительным локальным структурам; во впадинах дебит их резко падает.

Удельные дебиты скважин в долинах рек достигают 4-5 л/с, а на водоразделах они составляют десятые доли литров в секунду (Поповцев и др., 1968).

Подземные воды, залегающие выше эрозионного вреза в промытой верхней части комплекса, имеют однообразный химический состав с преобладанием гидрокарбонатных магниево-кальциевых и натриево-кальциевых вод (тип вод по [79]). Минерализация их достигает 0,5 г/дм³.

Состав подземных вод, распространенных ниже дренирующего влияния речной сети, характеризуется разнообразием. Наряду с преобладанием солоноватых смешанных по анионам и катионам вод (SO₄-Cl-Ca-Na, Cl-SO₄-Na, HCO₃-SO₄-Na-Ca) с минерализацией в несколько грамм встречаются воды как пресные (M 0,5-0,6 г/дм³) Cl-HCO₃-Na, HCO₃-Na, так и с более высокой минерализацией (M 16,5-24,4 г/дм³) хлоридно-натриевого состава.

Водоносная соликамская терригенно-карбонатная свита

Площадное распространение на поверхности свита имеет на северной части месторождения. К югу она погружается под шешминский терригенный комплекс на глубину, не превышающую обычно 100 м. Свита представлена чередованием терригенных и карбонатных пород с прослоями сульфатных. В верхней части свиты преобладают известняки, мергели, песчаники (терригенно-карбонатная толща), в нижней – глины, мергели с прослоями ангидритов и солей (глинисто-мергельная толща).

Фильтрационные свойства пород свиты зависят от эффективной трещиноватости, которая обуславливается литологией, положением пород в разрезе, структурно-тектоническим фактором. Высокой и в то же время неравномерной проницаемостью пород по площади и разрезу характеризуется терригенно-карбонатная толща, залегающая на поверхности земли. Коэффициенты фильтрации толщи в интервалах опробования до глубины 100-150 м изменяются от нескольких единиц до нескольких сотен метров в сутки. С

глубиной, при общем уменьшении проницаемости пород, фильтрационная неоднородность этой толщи сохраняется.

Нижняя часть свиты, представленная глинисто-мергельной толщей, является слабопроницаемой. Ее фильтрационное поле в целом однородно.

Водоносные породы свиты (трещиноватые известняки, песчаники, мергели) перемежаются с водоупорными глинистыми отложениями. В глинисто-мергельной толще среди водоупорных пород появляются прослои ангидритов. Водоносные слои, мощность которых составляет 5-10 м и более, распределяются неравномерно. Наибольшее количество водопритоков в скважины отмечается до глубины 100 м. Ниже частота их резко падает.

В верхней части свиты, выше вреза долин рек Боровой, Мошевицы, Усолки и других притоков р. Камы, распространены трещинно-грунтовые воды. Чаще они безнапорные, но иногда обладают местным напором, связанным с гетерогенностью водовмещающей толщи. Глубина залегания трещинно-грунтовых вод не превышает 40-60 м.

Ниже местных эрозионных врезов залегают трещинно-пластовые воды, которые вскрываются скважинами в интервале глубин от 10-20 до 60-80 м и более. Воды в основном субнапорные. Напор возрастает с погружением пород в западном направлении. Скважины часто самоизливают.

По водообильности соликамская свита неоднородна. Верхняя ее часть, карбонатно-терригенная толща, характеризуется высокой, но крайне неравномерной водообильностью. Дебиты родников варьируют от 0,01 до 328,0 л/с. 55% родников имеют дебиты в пределах 1,0-15,5 л/с. Дебиты скважин изменяются от 0,1 до 100 л/с при понижениях 0,4-39,9 м. С глубиной водообильность уменьшается.

Нижняя часть соликамской свиты, глинисто-мергельная толща, обводнена слабо. В интервале глубин до 100-150 м дебиты скважин в большинстве случаев не превышают 5-7 л/с, а на глубинах 250-350 м они составляют десятые доли литров в секунду при понижениях до 18-20 м.

На водообильность соликамской свиты большое влияние оказывают литологический состав пород, структурно-тектонические и геоморфологические условия, линейные трещинные зоны. С по-

следними связаны водообильные зоны, которые имеют большое практическое значение для организации централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. К водообильным зонам приурочены месторождения подземных вод (Усольское, Боровицкое, Верхне-Камское и др.).

Подземные воды свиты, находящиеся выше уровня долины р. Камы, являются в основном пресными гидрокарбонатными магниевыми-кальциевыми, кальциевыми-натриевыми (M до $0,5-0,6$ г/дм³), ниже распространены минерализованные воды преимущественно хлоридно-сульфатного и сульфатно-хлоридного, редко сульфатного состава с минерализацией $1,6-14,0$ г/дм³, которые с глубиной сменяются хлоридными рассолами.

Граница между пресными и минерализованными водами находится на глубине $100-150$ м, опускаясь на водоразделах, в областях питания на большие глубины и поднимаясь до глубины 50 м и менее в долинах рек, на участках разгрузки минерализованных вод.

Питание, сток и разгрузка подземных вод

Закономерности формирования региональной гидродинамики прежде всего связаны с тем, какое пространственное положение занимают гидрогеологические подразделения относительно современных базисов дренирования, которыми на территории месторождения являются речные долины.

Относительно долины р. Камы (главной дрены района) выделяются две гидрогеодинамические зоны. Водонасыщенная часть разреза от уровня грунтовых вод до уровня р. Камы относится к зоне безнапорных и субнапорных нисходящих вод [80, 81], которая характеризуется свободным водообменом. Водоносные горизонты ее дренируются реками Боровой, Усолкой, Мошевицей и др.

Ниже дренирующего влияния камских притоков до кровли регионального водоупора – березниковской свиты, расположена гидрогеодинамическая зона субнапорных нисходяще-восходящих вод. Эта часть разреза находится под дренирующим влиянием камской долины. Водоносные подразделения залегают в условиях затрудненного водообмена.

В самой нижней части, во впадинах на поверхности березниковской водоупорной толщи, водообмен становится близким к весьма затрудненному, характерному для более глубоких горизон-

тов разреза. Это доказывается распространением здесь насыщенных Cl-Na рассолов.

Зона безнапорных и субнапорных нисходящих вод

В эту гидрогеодинамическую зону входят верхние части рассмотренных выше слабоводоносного локально-водоносного шешминского терригенного комплекса и водоносной соликамской терригенно-карбонатной свиты. Остальные упомянутые выше гидрогеологические подразделения полностью находятся в данной зоне.

Основным источником питания подземных вод рассматриваемой зоны являются атмосферные осадки. Области питания совпадают с границами распространения на поверхности земли водоносных подразделений. Условия питания подземных вод зависят от проницаемости коренных отложений, а также четвертичного покрова, положения водоносных пород в рельефе.

Основное питание водоносные горизонты получают на гипсометрически высоких элементах рельефа (водоразделах, высоких бортах речных долин, террасах). Об этом свидетельствуют высокие уровни грунтовых вод на этих участках. При этом наиболее интенсивная фильтрация атмосферных осадков наблюдается на плоских водоразделах с густой овражно-балочной сетью [43]. Примером может служить междуречье Мошевицы, Боровой, Глухой Вильвы, изрезанное верховьями рек Корел, Азлас, Сердук, Колынва.

Существенная роль среди местных областей питания принадлежит бортам камской долины в связи с высокой трещиноватостью слагающих их пород, обусловленной процессами отседания склонов [61, 120].

Поступление атмосферных вод в водоносные горизонты происходит периодически во время весеннего снеготаяния и летне-осенних дождей. Подтверждение тому – четко выраженные сезонные пики, соответствующие основным периодам инфильтрационного питания, на кривой годового изменения уровней грунтовых вод (по данным режимных наблюдений по скважинам и колодцам).

В целом, области питания, расположенные на площади водоносной соликамской свиты, характеризуются лучшими условиями

инфильтрации атмосферных осадков благодаря более высоким фильтрационным свойствам соликамских пород, нежели шешминского слабодоносного локально-водоносного комплекса.

Сток подземных вод осуществляется от водоразделов к долинам рек Боровой, Усолки, Глухой Вильвы и других притоков Камы, где они разгружаются в виде серии родников, пластовых выходов, а также скрыто в русла рек. Исходя из коротких путей движения, малых размеров областей питания, такой сток является местным в отличие от субрегионального, в который вовлечены трещинно-пластовые воды, движущиеся к основному базису дренирования района – р. Каме. Характер стока тесно связан со строением гидрогеологического разреза. Соликамская свита и шешминский комплекс представляют собой переслаивающиеся толщи терригенных и карбонатных пород с различной водопроницаемостью, изрезанные линейными зонами интенсивной трещиноватости с высокими фильтрационными свойствами. Подземный сток локализуется по наиболее проницаемым слоям пород и линейным трещиноватым зонам. В соликамской толще таковыми являются трещиноватые, часто кавернозные слои известняков, в шешминском комплексе – трещиноватые песчаники, что подтверждается частой встречаемостью пластовых выходов подземных вод из этих пород. К линейным зонам интенсивной трещиноватости приурочены концентрированные выходы подземных вод – крупные по дебиту родники.

Зона субнапорных нисходяще-восходящих вод

На севере месторождения зона включает преимущественно нижнюю часть соликамской свиты – глинисто-мергельную толщу, а на южной и верхнюю ее часть – терригенно-карбонатную толщу, перекрытую шешминским терригенным комплексом и находящуюся ниже дренирующего влияния местной речной сети.

Питание водоносных слоев этой зоны осуществляется путем инфильтрации атмосферных осадков в местах выхода их на поверхность в восточной части месторождения и за счет нисходящей фильтрации подземных вод из вышележащей зоны на возвышенных участках рельефа. Об этом свидетельствуют поинтервальные

опробования скважин, пробуренных на водоразделах: по мере увеличения глубины опробования пьезометрический уровень подземных вод снижается.

Особенно интенсивная нисходящая фильтрация подземных вод из верхней гидрогеодинамической зоны происходит по субвертикальным трещинным линейным зонам на участках пересечения водоразделов – областей питания. Приповерхностный подземный сток по таким зонам может проникать на значительные глубины, вплоть до кровли березниковской свиты. Высокие фильтрационные свойства трещиноватых зон обуславливают значительные скорости движения нисходящих потоков, способствующих развитию карстовых процессов в карстующихся породах. В результате существования нисходящих потоков в областях питания под водоразделами увеличивается мощность зоны пресных вод, а на поверхности минерализованных вод формируются депрессии.

Сток подземных вод происходит к субрегиональному базису дренирования – камской долине, а также к местным очагам разгрузки – притокам р. Камы. В очагах разгрузки поверхность минерализованных вод имеет куполообразное залегание [18, 100], а мощность зоны пресных вод может сокращаться до нуля.

Формирование химического состава подземных вод

Основным источником солей, поступающих в подземные воды, служат водовмещающие породы надсолевого комплекса. По разрезу породы засолены неравномерно: наименьшая засоленность отмечается в верхней его части, наибольшая – в нижней (глинисто-мергелистая толща). Параллельно с возрастанием засоленности разреза происходит изменение солевого комплекса пород от гидрокарбонатов до сульфатов и хлоридов [41].

Различная промытость пород, связанная с дренирующим влиянием речной сети, обуславливает зональное распределение подземных вод по химическому составу и минерализации. Гидрогеохимические зоны тесно связаны с гидрогеодинамическими, что иллюстрируется нижеследующей таблицей.

Таблица 1.1

Гидрогеохимическая зональность надсолевой толщи пород
Верхнекамского месторождения солей

Гидрогеодинамические зоны (по [82])	Гидрогеохимические зоны и характеристика химического состава подземных вод	
Зона безнапорных и субнапорных нисходящих вод	Зона пресных вод	Гидрокарбонатные магниево-кальциевые, редко кальциево-натриевые и кальциевые воды с минерализацией 0,2-0,3 г/дм ³ . В местах разгрузки соленых вод – смешанные по анионам и катионам с минерализацией более 1 г/дм ³ .
Зона безнапорных нисходяще-восходящих вод	Зона соленых вод и рассолов	Хлоридно-сульфатные, кальциево-натриевые и сульфатно-хлоридные натриевые воды с минерализацией 1,2-19,0 г/дм ³ . В нижней части зоны воды хлоридные натриевые с минерализацией 26,0-45,7 г/дм ³ ; во впадинах кровли березниковской свиты – рассолы хлоридно-натриевого типа с М 51,5-270,7 г/дм ³ .

В верхней зоне нисходящих безнапорных и субнапорных вод, характеризующейся хорошей проницаемостью от легко растворимых солей, в результате интенсивного водообмена формируются пресные гидрокарбонатные магниево-кальциевые, редко кальциево-натриевые и кальциевые воды с минерализацией 0,2-0,3 г/дм³. В местах разгрузки соленых вод из нижней гидрогеодинамической зоны и смешения их с пресными образуются смешанные по анионам и катионам воды с минерализацией, как правило, более 1 г/дм³.

В зоне субнапорных нисходяще-восходящих вод водообмен затруднен, породы слабо промыты от сульфатных и хлоридных солей. Степень проницаемости пород закономерно уменьшается от кровли зоны к ее подошве. Здесь широкое распространение получили солоноватые подземные воды хлоридно-сульфатные кальциево-натриевые и сульфатно-хлоридные натриевые с сухим остатком 1,2-19,0 г/дм³. Встречаемость их составляет 76%.

В нижней части гидрогеодинамической зоны, вблизи кровли березниковской водоупорной толщи, встречаются воды соленые (М 26,0-45,7 г/дм³) и рассолы (М 51,5-270,7) хлоридно-натриевого типа.

Пресные подземные воды верхней гидрогеодинамической зоны гидравлически связаны с минерализованными (солончатыми и солеными) водами и рассолами нижней зоны, о чем свидетельствуют многочисленные данные откачек из съёмочных и водозаборных скважин (при интенсивном отборе пресных вод происходит подтягивание к скважинам минерализованных вод и рассолов).

Во впадинах кровли березниковской свиты формируются исключительно рассолы хлоридно-натриевого состава: от слабых до крепких. Они не имеют площадного распространения, а развиты локально только там, где, по-видимому, в каменную соль переходной толщи проникают соленые воды нижнесоликамской подсвиты. Так, при вскрытии скважинами кровли березниковской свиты во многих точках рассолы ($M > 50$ г/дм³) наблюдались только в пяти скважинах: 6с (63,4 г/дм³), 360 (51,0 г/дм³), 786 (270,7 г/дм³), 893 (66,5 г/дм³), 924 (75,7 г/дм³). В остальных скважинах подземные воды имели минерализацию от 10-12 г/дм³ до 20-40 г/дм³. Это можно объяснить тем, что соли в этих точках перекрыты непроницаемыми глинисто-мергельными отложениями, с которыми они образуют водоупорную толщу, предохраняющую соляную залежь от выщелачивания.

Поступление подземных вод, агрессивных к солям, происходит по субвертикальным трещиноватым зонам из верхней части разреза на участках пересечения ими водораздельных пространств – местных областей питания водоносных горизонтов надсолевого комплекса. Это осуществляется, вероятно, в периоды активизации деформационных процессов в соляной толще. В эти периоды происходит раскрытие закольматированных глинистым материалом трещин нижней части субвертикальных трещинных зон, которые вне периодов активизации являются практически водонепроницаемыми.

В верхней части разреза субвертикальные трещинные зоны всегда хорошо проницаемы за счет интенсивной циркуляции подземных вод, способствующей активному протеканию карстовых процессов в карбонатных породах и постоянному выносу глинистых частиц в долины рек из терригенных отложений.

Рассольный горизонт

Непосредственно в кровле соленосной толщи или вблизи нее встречаются рассолообильные участки с общими характерными

чертами. Рассолы этих участков насыщены (или почти насыщены) по NaCl, а их минерализация часто достигает 320 г/л. Воды напорные: высота напора составляет 120-150 м, уровень устанавливается в 10-30 м ниже дневной поверхности, но известно много самоизливающихся скважин. Дебит скважин, вскрывших эти рассолы, составляет 1,5-4,2 л/с; удельный дебит - 0,05-0,2 л/с. Коэффициент фильтрации рассоловмещающих пород находится в интервале 0,2-10 м/сут. Температура рассолов 4-6°C; состав (%): хлор – 49-60; натрий – 28-38; сульфат-ион – 1-8; кальций – 1-5; калий – 0,05-1. Плотность 1,003-1,197 г/см³. Рассолы в небольших количествах содержат бром, йод и свободный сероводород, которые придают им целебные свойства.

Пустоты пород рассолообильных участков имеют карстовую природу, что установлено прямыми наблюдениями при проходке шахтных стволов (размытые трещины, каверны и т.п.).

Впервые воды этих участков были вскрыты скв. 11 в 1927 г., когда при достижении забоем глубины 101,15 м (т.е. непосредственно над солями) произошло резкое поглощение бурового раствора, а уровень подземных вод установился в 10,5 м ниже дневной поверхности. Добавление воды в скважину в количестве «до 180 ведер в час» не изменило этого уровня. Первая попытка тампонирувания к успеху не привела: «В скважину (на пространстве от 101,15 мтр. до 121,71 мтр.) залито и заброшено глины с навозом более чем вдвое против ее объема, бросали щепки и никаких следов присутствия этих материалов в скважине найти нельзя» (из доклада П.И. Преображенского на заседании Правления Калийного Треста 27.05.27 г. в г. Свердловске). Последнее говорит о том, что воды горизонта находятся не только в порах и мелких трещинах, но и в крупных кавернах и полостях, способных вместить указанный выше тампонажный материал. Это подтвердилось тем, что: «При проходке шахтой № 1 (рудник СПКРУ-1 – А.К.) контактовой зоны после цементации были обнаружены в соли каверны и пустоты, заполненные цементом, которые ранее, очевидно, содержали соляные рассолы» (из доклада П.И. Преображенского).

Впоследствии приконтактные рассолы были вскрыты во многих частях месторождения. Общим для всех этих случаев является огромная проницаемость рассоловмещающих пород.

Встречающиеся на контакте скопления рассолов первоначально были выделены А.Е. Ходьковым в самостоятельный рассольный (контактный) горизонт [113, 115]. Однако спорадичность появления рассолообильных участков, а также отсутствие доказательств существования гидродинамической связи между ними говорят, скорей всего, об отсутствии единого водоносного горизонта в этой части разреза СМТ.

В последние годы установлено, что скопления высокоминерализованных рассолов встречаются не только на контакте с солями, но и несколько выше (первые десятки метров), в пластах и слоях закарстованных гипсов СМТ. В этих случаях рассоловмещающие породы обычно представлены двумя-тремя (редко более) тонкими сближенными слоями (пластами). Иногда породы дезинтегрированы, т.е. представлены рыхлыми образованиями (щебень, дресва, крупный песок). Ярким примером этого являются породы рассолообильного участка, вскрытого скв. 1040 (основание юго-западного склона Березниковского поднятия). Здесь, по данным УПБГРР ОАО «Уралкалий», они представлены разборным щебнем и обладают столь высокой поглощающей способностью, что это явилось причиной безуспешных попыток зацементировать пространство между колоннами труб диаметром 146 и 108 мм.

Дискретность распространения рассольного горизонта не может быть объяснена просто карстом соляной толщи при ее выводе в зону активного водообмена, поскольку мы не наблюдаем его сплошного развития на соляных поднятиях. По этой же причине не объясняется и его наличие в некоторых участках глубокого погруженной кровли солей. Очевидно, эти скопления рассолов вблизи кровли соленосной толщи обязаны своим существованием каким-то процессам, протекавшим на весьма ограниченной площади. Такими процессами, по нашему мнению, могут быть образование субвертикальных зон повышенной трещиноватости, секущих надсолевой комплекс пород, и поступление по этим зонам пресных вод в более глубокие горизонты, где развиты карстующиеся породы (соли, гипсы).

Конечным продуктом тектонического дробления и последующего выщелачивания пород являются их дезинтегрированные разности. Поскольку зоны повышенной трещиноватости в плане обычно имеют линейную форму, исходные породы залегают суб-

горизонтально в виде пластов и слоев, а развитие карста в стороны от зон трещиноватости имеет какие-то пределы, то наиболее вероятной формой тел дезинтегрированных (или просто ослабленных) пород является субгоризонтальная лента с линзовидным поперечным сечением.

Есть основания полагать, что на участке прорыва вод в рудник БПКРУ-3 в кровле солей имелось локальное скопление рассолов со всеми присущими в этих случаях характеристиками вмещающих пород. Косвенным подтверждением этого является ряд геологических и гидрогеологических признаков, к которым относятся:

- в месте прорыва вод коэффициент фильтрации пород, слагающих СМТ вблизи контакта солей, значительно выше, чем в верхней части СМТ. Обычно это соотношение обратное;

- наличие субвертикальной зоны повышенной трещиноватости, секущей надсолевой комплекс пород (см. разд. 4.2);

- широкое развитие характерных форм выщелачивания в гипсовых пластах и слоях СМТ;

- значительное содержание сероводорода в рассолах, разгрузившихся в горные выработки в начальный период затопления;

- близость температур рассолов, поступавших в горные выработки (+7,5°C), и вод рассольного горизонта. Незначительная разница температур вызвана, очевидно, теплообменом при миграции вод сквозь соляную толщу, температура которой на уровне ведения очистных работ в тот период составляла +9-10°C. Более того, нами на основании исследований геотермии Верхнекамского месторождения, проведенных в свое время Н.Д. Лужецкой, получена расчетная температура рассолов над блоком № 8 на глубине 300 м (т.е. вблизи контакта солей), которая составляет +8°C. В этом случае мы имеем практически идеальное совпадение температур;

- огромный объем предельно насыщенных солями растворов, поступивших в рудник до 10.03.1986 г. (более 250 тыс. м³). Если бы в СМТ вблизи кровли солей не было скопления рассолов, то эта толща не могла бы продуцировать такое их количество и, главное, такими темпами. Безусловно, эти поступающие в рудник рассолы содержали воду вышележащих водоносных горизонтов, но их доля в начальный период была, вероятно, невелика.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРЕДЫДУЩИХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАЗРЫВНОЙ ТЕКТониКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

2.1. Геолого-геофизическая изученность

Геологическая изученность

Геологические работы, проведенные на территории ВКМС, включают геологическую и гидрогеологическую съемки, дистанционные и тематические геологические исследования, а также геологоразведочные работы.

До открытия ВКМС рекогносцировочные геологические исследования в районе велись Г. Швиккардом (1837 г.), Ф. Мурчисоном (1849 г.), А.А. Штукенбергом (1875 г.), А.А. Черновым (1888 г.), А.В. Нечаевым (1894 г.), П.И. Кротовым (1889 г.), А.А. Краснопольским (1889 г.), В.Н. Мамонтовым (1911 г.) и др. Наиболее существенные результаты этих исследований – схематические геологические карты района, составленные П.И. Кротовым и А.А. Краснопольским. Непосредственно после открытия ВКМС (1925-1931 гг.) значительный вклад в изучение верхнепермских отложений внесли Б.К. Лихарев, Г.Р. Егер и А.А. Иванов, охватившие своими маршрутами значительную площадь в районе г. Соликамска.

Впервые геологическое картирование в масштабе 1:200 000 на большей части площади месторождения (за исключением участка, расположенного к северу от 60-й параллели) было выполнено в 1964-1966 гг. (Ю.И. Коровин, П.М. Матвеев, 1967 г.) (рис. 2.1). Этими работами по кровле солей ВКМС выделены четыре валообразные структуры (в терминологии авторов – линии поднятий): Камско-Вишерская, Березниковская, Харюшинская и Осокинская.

В 1977-1980 гг. вся территория ВКМС покрыта государственной геологической съемкой масштаба 1:200 000 (Денисов и др., 1980). Рассмотрены вопросы стратиграфии и тектоники, особенности литолого-фациальной изменчивости разреза. В частности, выделена флексура (или крупный сброс), осложняющая западный борт Камско-Вишерского вала в его северной части.

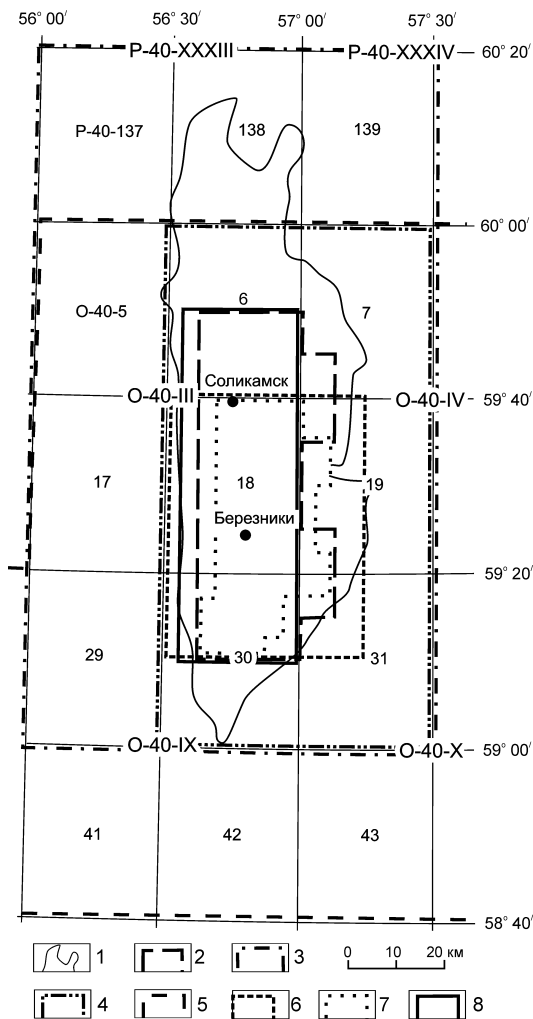


Рис. 2.1. Картограмма геологической изученности территории ВКМС: 1 – контур калийной залежи; контуры площадей, покрытых геологической съемкой масштаба 1:200000: 2 – Ю.И. Коровин (1967); 3 – М.И. Денисов (1980); 4 – масштаба 1:50 000 – Т.В. Харитонов (1992); 5 – контур площади, покрытой гидрогеологической съемкой масштаба 1:200 000: А.Г. Мелехов (1975), В.И. Мошковский (1968), Е.А. Иконников (1981), В.А. Поповцев (1968); контуры площадей: 6 – геоиндикационно-структурного дешифрирования, Ю.А. Левицкий (1989); 7 – аэрогеологических и морфометрических работ, С.В. Аверьянов (1992); 8 – тематических работ, А.И. Петрик (1998)

В 1988-1992 гг. на площади действующих горнорудных предприятий ОАО «Сильвинит» и ОАО «Уралкалий», а также разведанных участков ВКМС проведено геологическое доизучение масштаба 1:50 000 (Харитонов и др., 1992) с целью составления кондиционной геологической карты.

Поисковые и поисково-оценочные работы в пределах Верхнекамского месторождения после проходки скважины № 1 (1925 г.)

велись в самом простом варианте, т.е. осуществлялось оконтуривание калийной залежи. Изучение месторождения на этой стадии разведки проводилось в основном по сети скважин 4×4 км. Темпы проведения этих работ были невелики и часто прерывались детальной разведкой. Поисковые работы продолжались более 60 лет и были завершены лишь в 1987 г.

Детальная разведка месторождения проводилась в пределах отдельных участков по сети скважин до 1×1 км. На месторождении детально разведано одиннадцать участков, по десяти из которых запасы прошли государственную экспертизу (в скобках – год утверждения запасов): Дурыманский (1958), Соликамский (1961), Березниковский (1963), Балахонцевский (1964), Быгельско-Троицкий (1965), Талицкий (1969), Палашерский (1971), Ново-Соликамский (1971), Половодовский (1975), Усть-Яйвинский (1990), Боровской (результаты разведки находятся в стадии утверждения).

На месторождении пробурено с поверхности земли более 1500 поисковых, разведочных, «структурных» (до кровли солей), контрольно-передовых (стволовых) и других специальных скважин. С конца 60-х годов прошлого столетия, в основном в краевых частях месторождения, ведется бурение скважин на нефть.

Кроме П.И. Преображенского, Г.А. Бюлера и В.И. Скока, значительный вклад в разведку месторождения в разные годы был внесен А.А. Ивановым, Г.А. Дягилевым, А.И. Белоликовым, Б.И. Сапегиним, В.В. Захваткиным, В.Н. Яниным, С.Ю. Квиткиным и другими геологами.

На территории ВКМС проведен огромный объем тематических геологических исследований. Первым, наиболее важным исследованием этого направления является обобщение всего фактического материала по геологии ВКМС, проведенное под руководством А.А. Иванова. Результаты этих исследований изложены в работе [40].

Длительные (около 70 лет) исследования геологического строения ВКМС и многих вопросов его генезиса ведут геологи ВНИИГа, что отражено в многочисленных отчетах о НИР и научных публикациях. В последние годы (после затопления рудника БКПРУ-3) наибольший вклад в исследования этого направления, особенно в отношении разрывных дислокаций, был внесен группой геологов под руководством Н.М. Джиноридзе. Основные результа-

ты этих исследований отражены в работе [85]. В частности, ими было выделено несколько надвигов, горизонтальных сдвигов и литрических сбросов.

Тематические геологические исследования велись и ведутся геологами Горного института УрО РАН. Основными результатами этих исследований являются установление некоторых элементов структуры и генезиса субширотных «прогибов» (Дуринского и Боровицкого) и обобщение фактического материала по геологии этого месторождения по состоянию на 1.01.01 г. [55].

Гидрогеологические исследования

Первые сведения о гидрогеологии ВКМС появились в работах П.И. Преображенского [92-94 и др.]. Затем был продолжительный период почти полного отсутствия исследований в этом направлении за исключением работ А.А. Варова [20] и А.А. Иванова [39]. Систематическое изучение гидрогеологии ВКМС началось с начала 50-х годов.

В работах А.Е. Ходькова [112-116 и др.] дана общая характеристика вод надсолевого комплекса месторождения и, в частности, обоснование для выделения рассольного горизонта. Кроме работ А.Е. Ходькова, современный уровень знаний о динамике и химии надсолевых вод связан с выходом работ А.И. Белоликова [5], С.М. Роткина [27, 97, 98 и др.], Л.А. Шимановского [120, 121], Г.В. Бельтюкова [8, 9, 11 и др.], Л.В. Мигунова [70-73] и многих других исследователей. Внутрисолевые воды месторождения изучены достаточно полно, а сведения о них изложены, главным образом, в работах Г.В. Бельтюкова [10, 11, 13, 14, 57 и др.]. Воды подсолевых отложений исследуются около 35 лет в связи с поисковыми и разведочными работами на нефть и бурением Березниковской опорной скважины (1-ОП). Результаты исследований изложены в ряде работ [90, 117, 119 и др.], но в целом гидрогеология этих отложений изучена явно недостаточно.

К настоящему времени на всей территории ВКМС выполнены государственные гидрогеологические съемки и составлены гидрогеологические карты масштабов 1:500 000 и 1:200 000 (см. рис. 2.1). Впервые гидрогеологическое картирование масштаба 1:500000 на большей части площади месторождения (лист О-40-А) было выполнено в 1961 г. (Шимановский, Шимановская, 1961).

Проведенная в 1969 г. корректировка принципов гидрогеологической стратификации разреза для различных регионов СССР [67] явилась основанием для составления новой гидрогеологической карты масштаба 1:500 000 (Иконников, 1990, 1995). Карта базируется на обобщении материалов гидрогеологических съемок масштаба 1:200 000, выполненных на территории месторождения в 1968-1981 гг. (Иконников, 1981; Мелехов и др., 1975; Мошковский и др., 1968; Поповцев и др., 1968), и схеме гидрогеологического районирования Урала масштаба 1:1 000 000 [28].

В результате проведенных работ установлено, что ВКМС расположено в пределах северной части Предуральяского артезианского бассейна Восточно-Европейской системы артезианских бассейнов. Конечным таксоном районирования территории месторождения являются гидрогеологические подрайоны с односторонним местным стоком безнапорно-субнапорных вод. Районирование осуществлено по направлению стока подземных вод, а границы гидрогеологических подрайонов совпадают с основными дренами и водоразделами.

Характеристика (распространение, условия залегания, водообильность, водопроницаемость, химизм, особенности формирования подземных вод) первых от поверхности водоносных горизонтов и комплексов, выделенных на гидрогеологических картах, дана преимущественно до глубины 100-150 м. Охарактеризованы участки разведанных запасов подземных вод для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения и дана оценка перспективных источников водоснабжения.

Кроме государственных гидрогеологических съемок, изучение гидрогеологических условий с использованием гидрогеологического опробования разведочных, структурных и специальных гидрогеологических скважин осуществлялось при подготовке проходки шахтных стволов и горно-подготовительных выработок. Работы сопровождалось составлением схематических гидрогеологических карт масштаба 1:50 000 для различных участков ВКМС. Основные задачи этого изучения: оценка водообильности и фильтрационных свойств пород разреза надсолевой толщи для прогнозных оценок водопритоков при проходке шахтных стволов; изучение гидрохимической зональности подземных вод; обоснование верхней границы ВЗТ. При изыскании источников водоснабжения в наиболь-

шей степени изучен верхнесоликамский водоносный горизонт на отдельных участках речных долин.

Дистанционные исследования

Начиная с 1960-х годов, структурно-геоморфологические исследования в пределах ВКМС с применением тематического дешифрирования аэрофотоснимков используются в помощь производственным геологическим и гидрогеологическим исследованиям, зачастую приобретая самостоятельное значение. В качестве примеров можно назвать работы Ю.И. Квиткина и П.М. Матвеева (1963 г.), Е.А. Лушникова (1969 г.), Ю.А. Третьякова с соавторами (1978 г.), В.С. Кротова с соавторами (1979 г.), Ю.А. Ильиных с соавторами (1986 г.) и многие другие.

По программе доизучения ВКМС, составленной после аварии на БКПРУ-3, было выполнено геоиндикационно-структурное дешифрирование (Ю.А. Левицкий и др., 1989 г.) (см. рис. 2.1). По результатам этих работ была построена серия карт в масштабах 1:50 000 и 1:25 000 для центральной и южной частей ВКМС, включающих шахтные поля ОАО «Уралкалий» и ОАО «Сильвинит». На этих картах показаны система линеаментов (у Ю.А. Левицкого – морфолинеаментов) и дуговых или кольцевых элементов ландшафта. По результатам дешифрирования аэрофотоснимков и материалов статистического анализа трещиноватости с учетом данных морфометрических исследований составлены карты морфоструктур, морфоблоков, базисных поверхностей, гониобазит, остаточного рельефа, аномальных перепадов речных долин; карты районирования по показателям падения и изодеф (деформированности продольных профилей рек) речных долин; горизонтальной и вертикальной расчлененности и интенсивности расчленения рельефа; изоплотности гидросети.

В развитие работ, проведенных под руководством Ю.А. Левицкого, были проведены более детальные аэрогеологические и морфометрические исследования (масштаба 1:10 000), захватывающие площадь шахтных полей ОАО «Уралкалий» и ОАО «Сильвинит» (Аверьянов и др., 1992). В работе подтвержден тезис о существенном воздействии на геологическую среду месторождения новейших и современных тектонических движений. При этом установлено, что основные рельефоформирующие зоны, являющиеся гра-

ницами структурно-геоморфологических районов, наследуют тектонические структуры древнего заложения.

Геофизические исследования

Гравиметрические исследования начаты в 30-е годы прошлого века. Первые работы включали в себя вариометрическую съёмку и проводились Геолкомом с целью изучения солёной толщи (С.Е. Александров, Н.Н. Самсонов, С.П. Полетаев, С.И. Алексеев, В.В. Нумеров).

Следующим этапом гравиметрических исследований на ВКМС, начиная с 1951 г., являются наблюдения с гравиметрами. Это была в основном съёмка масштабов 1:200 000 и 1:50 000, которая выполнялась конторой (трестом) «Пермнефтегеофизика» (В.Э. Голомб, Е.И. Леонова) с целью изучения тектоники восточной окраины Восточно-Европейской платформы, Предуралья, прогиба, Западно-Уральской складчатой зоны и выявления нефтеносных структур. По результатам этих работ южнее г. Березники отмечено сгущение изоаномал вдоль западного борта Соликамской впадины. Ряд локальных аномалий объяснен латеральной неоднородностью солей. Позднее В.И. Балалаевым (1954-1955 гг.) и И.А. Любичевым (1956 г.) проводились съёмки масштаба 1:200 000.

С 1960 г. началось внедрение новых гравиметров типа ГАК. В 1960-1962 гг. Г.С. Худяков и Д.А. Аксенова («Пермнефтегеофизика») выполнили съёмки масштаба 1:200 000. Ими околтурена соляная залежь, установлено увеличение силы тяжести к востоку, Березниковский минимум увязан с увеличением мощности солей. В 1961-1962 гг. С.И. Шихов («Пермнефтегеофизика») провел обобщение всех гравиметрических съёмок прошлых лет с составлением сводных карт аномалий силы тяжести в редукции Буге (с плотностью $2,3 \text{ г/см}^3$) в масштабах 1:200 000 и 1:500 000, дал геологическое истолкование выявленных аномалий. С учетом результатов аэромагниторазведки выделены участки развития пород архейского и протерозойского возрастов. С учётом данных бурения составлена структурная схема поверхности кристаллического фундамента масштаба 1:1 000 000. Выделены структуры I порядка: Камский свод, Косьюинско-Чусовская седловина, Соликамская впадина, по гравитационным ступеням прослежены разломы в архейском и верхнепротерозойском фундаменте и в палеозойском чехле. В оса-

дочных образованиях выделены Среднекамский, Усольский и Безрезниковский валы.

Таким образом, гравиметрические съёмки масштаба 1:200 000

(сечение – 2 МГал) на территории ВКМС были завершены к 1962 году (рис. 2.2). Их результаты оказали существенную помощь геотектоническому районированию северной части Предуральяского краевого прогиба. По материалам этих работ район Верхнекамского месторож-



Рис. 2.2. Картограмма площадных съёмок территории ВКМС гравиметрическими методами: 1 – контур калийной залежи; масштаб изученности площади: 2 – 1:200 000 (В.Э. Голомб, 1951 г.; Е.И. Леонова, 1952 г.; Г.С. Артемьева, 1961-1962 г.); 3 – 1:100 000 (Е.К. Комаров, 1966 г.); 4 – 1:50 000 (А.Ф. Быков, 1965 г.; Б.Ю. Букин, 1966-1970 г.); 5 – 1:25 000 (Б.Ю. Букин, 1970-1971 г.; А.К. Петров, 1974-1978 г.; Л.Д. Нояксова, 1986-1989 г.)

дения солей отображается минимумом силы тяжести, осложняющим региональную аномальную зону Предуральского краевого прогиба.

В 1961-1966 гг. партиями треста «Пермнефтегеофизика» проведена съемка масштаба 1:50 000 с целью поисков рифовых массивов и погребенных антиклинальных структур, а также профильная детальная съемка с целью трассирования Камско-Кинельской зоны прогибов. В 1961-1966 гг. работы выполнял А.Ф. Быков. В 1961-1962 гг. Г.С. Артемьевой на западе калийной залежи установлена полоса сгущения изоаномал, вызванная выклиниванием солей и наличием структурной ступени в осадочном чехле. В 1964-1965 гг. ею же выделена гравитационная ступень в западном борту Предуральского прогиба, намечены Березниковский, Харюшинский и Игумский валы.

В 1966-1971 гг. Соликамским отрядом Пермской геофизической партии проведены гравиметрические работы масштаба 1:50 000 с целью помощи геологоразведочным работам в изучении Боровицкого и Дуринского прогибов (Букин, 1972). В ходе работ оконтурены Дуринский и частично Боровицкий прогибы, составлена прогнозная структурная карта Дуринского прогиба и предварительная – Боровицкого. В пределах Дуринского прогиба выделены субмеридиональные гравитационные ступени, рассматриваемые как тектонические контакты, а также аномалии северо-восточной ориентировки, которые трактуются как каналы активного водообмена в зоне калийной залежи на флангах Дуринского прогиба. Аномалии северо-западной ориентировки рассматривались как оперяющие разрывы к разломам субширотного простиранья. В 1967-1969 гг. Б.Ю. Букиным также выполнялась вариометрия на Талицком участке с задачей изучения кровли соляной толщи. В результате отмечено возрастание силы тяжести в западном направлении в сторону погружения кровли солей. В 1970-1971 гг. им же проведены комплексные гравиметрические и электроразведочные (ВЭЗ и СЭП) съемки, профильные и площадные, масштаба 1:25000. В их задачу входило выделение зон повышенной трещиноватости на Быгельско-Троицком участке в помощь гидрогеологическим работам. В борту Дуринского прогиба были намечены гравитационные ступени, рассматривающиеся как флексуры в солях. Ряд гравитационных аномалий объяснялся разуплотнением пород в зонах трещиновато-

сти. Отмечено блоковое строение Дуринского прогиба с субмеридиональными границами блоков.

В 1972-1973 и 1977-1978 гг. Л.А. Белецкой («Пермнефтегеофизика») в районе Боровицкого прогиба и в Соликамском районе проведены съемки м-ба 1:50 000 с целью изучения соляной залежи и поисков нижерасположенных рифовых массивов. Отмечается пологое западное крыло Соликамской впадины и фактическое отсутствие восточного крыла (срезание его по разлому).

В 1974-1978 гг. съемки масштабов 1:25 000 и 1:50 000 проводились А.К. Петровым (ПКГРЭ). Отсняты территории Боровицкого прогиба и Камско-Вишерского вала от пос. Тюлькино (на севере) до пос. Усолье (на юге). Эти работы проводились с целью изучения геоструктурной обстановки, выявления и оконтуривания зон широтных прогибов, определения поведения кровли соли в западной прибортовой части месторождения. Построены карты аномалий силы тяжести в редукции Буге, карты региональных и локальных аномалий, карта кровли соляной залежи, расчётные геолого-геофизические разрезы и прогнозная структурно-тектоническая схема. По положительным аномалиям гравитационного поля выявлены и оконтурены Боровицкая, Тарховская, Исток-Боровая и Ельническая депрессии Боровицкой зоны субширотных структур. Уточнено в плане положение ряда отрицательных и положительных структур по кровле соли. По данным гравиметрии чётко выделен и прослежен на протяжении 45 километров Камско-Вишерский соляной вал.

В 1986-1990 гг. под руководством Л.Д. Нояксовой (Баженовская геофизическая экспедиция ПГО «Уралгеология») на центральной и южной частях месторождения выполнена четвертьмиллиметровая съёмка масштаба 1:25 000. На основе этой съёмки составлена кондиционная гравиметрическая карта масштаба 1:25 000 в редукции Буге с плотностью $2,30 \text{ г/см}^3$ (Нояксова и др., 1990). На площадь ВКМС (с привлечением материалов А.К. Петрова) составлена кондиционная дежурная гравиметрическая карта масштаба 1:50 000. Интерпретация проводилась в комплексе с другими геофизическими методами и данными поискового и разведочного бурения. В результате прослежен Красноуфимский разлом, построена карта поверхности покровной каменной соли с точностью $\pm 16 \text{ м}$, уточнены контуры крупных купольных структур соленосной тол-

щи, оконтурены ядра рифовых построек в подсолевых отложениях, выделены разломы и участки возможного развития ослабленных зон.

В 1992-1995 гг. ГП «Пермрудгеофизика» (Н.В. Веселкова) с целью картирования кровли соляных отложений и установления особенностей строения надсолевого комплекса в районе Дуринской площади выполнены площадные гравиметрические работы масштаба 1:25 000 в комплексе с электроразведкой методом ВЭЗ (Плотников и др., 2002). На отчётных картах отражены основные структурные элементы. Построена карта кровли соляной залежи с сечением изогипс 20 м со средней погрешностью ± 17 м (на отдельных участках до 50 м).

В последние годы в пределах действующих рудников на отдельных участках Горным институтом УрО РАН (В.М. Новоселицкий) проведены наземные и наземно-подземные гравиметрические работы с целью выявления разуплотнений в ВЗТ. Данные исследования выполнялись, в основном, на аварийных и потенциально опасных участках, таких как: зона обрушения пород в горных выработках СКПРУ-2; район подработки многоэтажной застройки г. Березники; район эпицентра землетрясения 1997 г. на шахтном поле БКПРУ-2; северо-западная часть шахтного поля и ОЭУ БКПРУ-4; район провалов земной поверхности (пос. Нов. Зырянка) и др. Им же проведены гравиметрические исследования в пределах западной краевой части калийной залежи (Новоселицкий и др., 2001).

Наземная магниторазведка в пределах ВКМКС проводилась в незначительных объёмах начиная с 30-х годов. В 1931 г. Н.Р. Малкин (МГРИ) выполнил маршрутную съёмку с задачей изучения тектоники и поиска нефтяных структур. Практического значения эти работы не имели. В 1939-1940 гг. Кизеловская партия Уральского ГУ выполняла съёмки масштаба 1:100 000 для изучения Кизеловского угольного бассейна (Л.С. Касаткин, Д.С. Миков). По результатам этих работ построена магнитная карта масштаба 1:200 000. Региональные аномалии увязывались со строением фундамента. В районе Усолья выделена региональная аномалия с северо-западной ориентировкой длинной оси, отмечена Березниковская широтная аномалия, минимумы к востоку от р. Камы объяснялись соляной залежью. В 1943 году И.М. Пудовкин (НИИЗМ) выполнял магнитометрические съёмки масштабов 1:2 500 000 и 1:200 000. По

этим работам была составлена тектоническая схема западного склона Урала. На Соликамско-Чермозском участке выделена зона повышенного магнитного поля, которую автор связывал с интрузией ультраосновных пород в фундаменте.

Аэромагнитометрические съемки первоначально проводились на Урале и в том числе на территории ВКМС с целью поисков месторождений железных руд аэромагнитной экспедицией Союзного Уральского геофизического треста (В.П. Носиков, 1949 г.).

В 1954-1955 гг. трестом «Сибнефтегеофизика» были проведены аэромагнитные съемки м. 1:1 000 000 и 1:200 000 (Гафаров, 1956). В задачу этих съемок входило региональное геотектоническое районирование Приуралья. На основе этих работ составлены карты рельефа и основных элементов тектоники фундамента. В 1955 году проведены съемки масштаба 1:200 000 Г.А. Израилевой (Уральская аэромагнитная партия Западного геофизического треста) в помощь геологическому картированию и с задачей выявления площадей, перспективных на поиски железных руд.

В 1959 г. Новосибирским геофизическим трестом проведена съемка масштабов 1:200 000 и 1:500 000 (П.А. Коноплин, Рейтборд, 1959). В результате выделены Западно-Соликамская и Ильинско-Кизеловская зоны максимумов магнитного поля и подтверждены субширотные магнитные аномалии в районе г. Березники.

В 1964-1965 гг. В.П. Вайполиным и Ю.В. Бронниковым (Центральная Уральская партия Главгеолкома) выполнены съемки м. 1:50 000 в северном Прикамье с целью поисков нефтяных залежей. В результате получена структурно-тектоническая схема кристаллического фундамента, которая составлялась с использованием данных региональной гравиметрии.

В 1977-1980 гг. аэрогеофизической партией УГЭ УТГУ проведены высокоточные аэромагнитно-аэрогаммаспектрометрические съемки масштаба 1:25 000 (Халымбаджаи др., 1980). Работы проводились в пределах Камской моноклинали и Соликамской впадины с задачами изучения глубинного строения и выявления структур, перспективных на поиски нефти и газа. Намечена Яйвинская широтная аномальная зона, которая рассматривается как палеоавлакоген, заполненный глубоко метаморфизованными вулканогенно-осадочными комплексами, содержащими породы железорудной

формации. В магнитных полях четко фиксируются Дуринский и Боровицкий глубинные разломы.

В 1986-1987 гг. аэрогеофизической партией № 2 (АГП-2) Ленинградской геофизической экспедицией ПГО Севзапгеология под руководством В.Г. Мавричева была проведена аэромагнитная съемка самой южной части ВКМС (масштаб 1:50 000) и площадей, расположенных западнее калийной залежи (масштаб 1: 25 000).

В 1987-1989 гг. ПГО «Уралгеология» выполняет на территории центральной и южной частей ВКМС аэромагнитометрическую и аэрогаммаспектрометрическую съемки. Были выполнены площадные съемки масштаба 1:10 000 при минимальной высоте полета над землей 50-75 м, для получения сведений о региональных магнитных полях площадные съемки масштаба 1:40 000 на высоте 500 м. Отчетные карты магнитных полей приведены в масштабах 1:50 000 и 1:100 000 (Халымбаджа, 1989). Путем расчета плотности микроаномалий авторами выделены блоки с их повышенной плотностью, объединенные в более крупные зоны.

В 2000 г. под руководством В.Г. Мавричева (ФГУ НПП «Геологоразведка») была заснята аэромагнитной съемкой масштаба 1:200 000 северная часть ВКМС, а в 2001 г. – восточный край южной части месторождения в масштабе 1:50 000.

Изученность территории ВКМС аэромагнитными методами приведена на рис. 2.3.

Сейсморазведочные работы на территории ВКМС начали проводиться с 1936 года методами КМПВ и МОВ с целью изучения калийной залежи. В числе первых сейсмических работ известны исследования М.А. Балдина (ЦНИИГ, 1936 г.), П.С. Польгуева (ГСТТ, 1939 г.), П.И. Новикова (ВНИИГ, 1951-1953 гг.).

В 1953-1954 гг. Г.М. Маламуд и И.К. Кедрова (Северо-западный геологоразведочный трест), а в 1955 году – Ф.И. Гескин (ВНИИГ) использовали КМПВ при проведении комплексных геофизических исследований с целью выявления возможностей этих методов при разведке солей.

Следующим этапом является начало съемок на основе МОВ с задачами поисков ловушек нефти и газа. Опорными горизонтами при этом были подошва соленосной толщи (С), кровля артинского яруса (A^T), кровля артинских карбонатных пород (A^K), кровля отложенный башкирского яруса (I), кровля терригенных пород тульского гори-

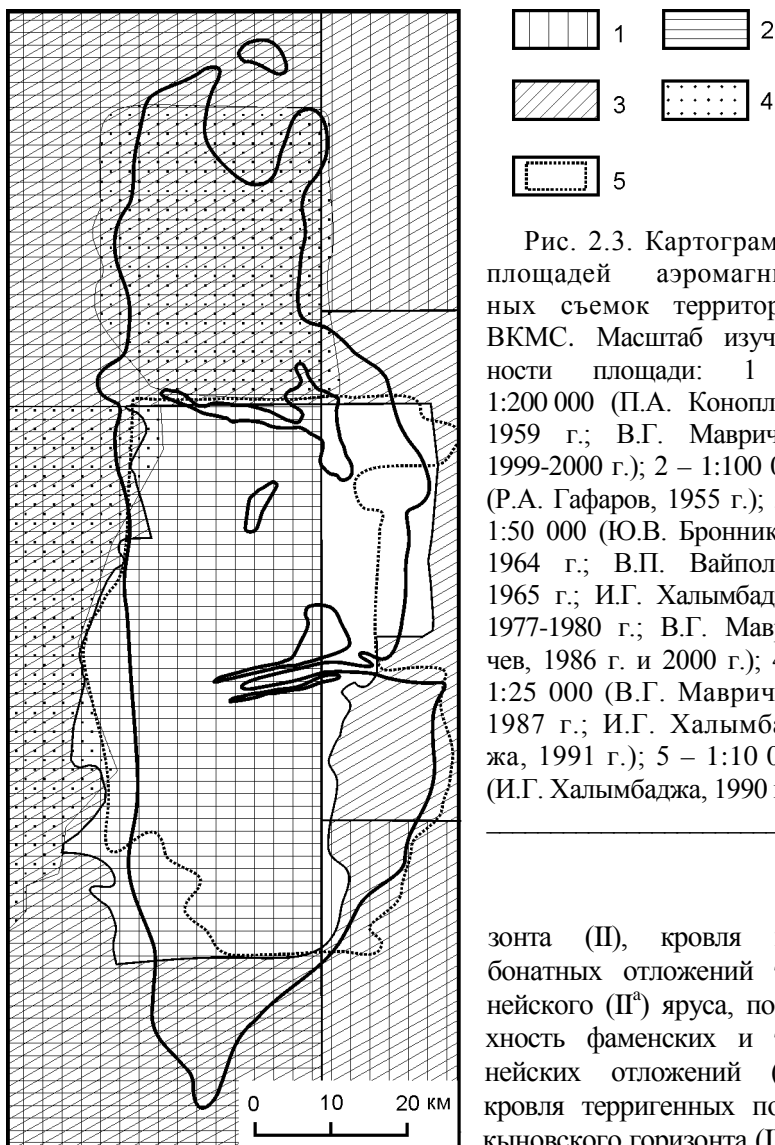


Рис. 2.3. Картограмма площадей аэромагнитных съемок территории ВКМС. Масштаб изученности площади: 1 – 1:200 000 (П.А. Коноплин, 1959 г.; В.Г. Мавричев, 1999-2000 г.); 2 – 1:100 000 (Р.А. Гафаров, 1955 г.); 3 – 1:50 000 (Ю.В. Бронников, 1964 г.; В.П. Вайполин, 1965 г.; И.Г. Халымбаджа, 1977-1980 г.; В.Г. Мавричев, 1986 г. и 2000 г.); 4 – 1:25 000 (В.Г. Мавричев, 1987 г.; И.Г. Халымбаджа, 1991 г.); 5 – 1:10 000 (И.Г. Халымбаджа, 1990 г.)

зонта (II), кровля карбонатных отложений турнейского (II^a) яруса, поверхность фаменских и турнейских отложений (II^b), кровля терригенных пород кыновского горизонта (III) и поверхность фундамента (Ф).

Начиная с 1964 года на площади ВКМС трестом «Пермнефтегеофизика» проводились сейсморазведочные работы по МОВ, нацеленные на поиски нефти и газа. Это работы А.А. Иванцова (1964-66 гг.), Л.И. Зудиной и Е.К. Комарова (1965 г.), П.Е. Коробецких,

Л.Л. Быкова и А.В. Матвеева (1966 г.), Р.М. Кривцовой, В.Ф. Лаптева и А.Г. Пермякова (1967 г.), Г.В. Рыбаковой и Е.М. Черемных (1966-1967 гг.). В результате был выявлен ряд поднятий и тектонических нарушений. С 1966 г. этой же организацией проведены сейсмокаротажные работы, в результате которых изучена скоростная характеристика палеозойских отложений, построены карты скоростей.

В 1968 г. В.К. Полковников продолжал сейсмические съемки треста «Пермнефтегеофизика» в масштабе 1:50 000. В 1969-1971 гг. З.Ф. Теплоухова закартировала ряд структур. В 1970 г. Г.Н. Чижов по данным съемок МОВ масштаба 1:50 000 исследовал центральную часть ВКМС с целью изучения его глубинного строения и выявления подземных вод в пермских и каменноугольных отложениях. Р.М. Кривцова в 1971-1973 гг. вела съемки МОВ масштаба 1:50 000.

Очередной период сейморазведочных исследований на территории ВКМС связан с внедрением в производство МОГТ, обладающим большей разрешающей способностью. С помощью МОГТ детализируются ранее выявленные структуры. Работы проводились различными партиями треста «Пермнефтегеофизика», обработка материалов и составление отчетов выполнялись под руководством Л.П. Павловой (1977, 1978, 1980-1986, 1988). В северной части аналогичные работы выполняются под руководством Е.М. Черемных (1981-1984). В ходе этих работ составлены структурные схемы по отражающим горизонтам, уточнено положение выявленных ранее и выделен ряд новых антиклинальных структур, проведена подготовка их к разведочному бурению.

В 1986 г. (после аварии на БКПРУ-3) трестом «Пермнефтегеофизика» был пройден ряд сейсмических профилей над аварийным блоком № 8. Значимых вертикальных смещений маркирующих горизонтов, по данным сейморазведки, не установлено. Отмечена зона потери корреляции по кровле солей, вытянутая в северо-западном направлении, которую можно интерпретировать как зону дробления или другого изменения состава или структуры пород.

По результатам предшествующих работ И.А. Санфириным (ГИ УрО РАН) в 1991-1993 гг. выполнена интерпретация материалов нефтяной сейморазведки в пределах ВКМС с целью оценки характера отображения в соленосной толще особенностей строения подстилающих отложений и выделения аномалий волнового поля в

интервале залежи [139]. Установлено, что на территории ВКМС по отражающему горизонту «С» отмечаются различные осложнения волновой картины: разрывы, смещения осей синфазности, потеря корреляции. Эти осложнения в основном встречаются на крутых крыльях структур облекания девонско-турнейских рифовых массивов, а также в зонах концентрации разломно-блоковой тектоники фундамента. К ним приурочены также области повышенной изменчивости упругих характеристик соляной и надсоляной толщ, оцениваемые по значениям скорости в интервале +100 м – ОГ «С».

С 1990 года ГИ УрО РАН (И.А. Санфиоров) на ВКМС выполняются наземные сейсморазведочные наблюдения методом невзрывной малоглубинной сейсморазведки высокого разрешения по методике общей глубинной точки (НМСВР МОГТ) с задачами картирования геологических неоднородностей, контроля состояния массива в процессе его разработки, параметрического обеспечения геомеханических расчетов.

В последние годы проведены исследования с целью выявления новых элементов геологического строения соляной толщи по данным нефтяной сейсморазведки: Романовская и Южно-Яйвинская площади – «Пермнефтегеофизика» (Б.А. Заварзин, М.А. Нурсубин, 1999-2000 гг.); территории Шершнёвского, Белопащинского и Сибирского поднятий – Пермский ГУ (Б.А. Спасский, 2002-2003).

Подземные сейсморазведочные и сейсмоакустические исследования в промышленных масштабах ведутся геофизическим участком УПиБГРР ОАО «Уралкалий» с 1991 года. Цифровая обработка и интерпретация выполняется в ГИ УрО РАН. Основной объём исследований нацелен на изучение особенностей геологического строения ВЗТ.

Изученность территории ВКМС методами сейсморазведки приведена на рис. 2.4.

Электроразведочные работы на территории ВКМС выполнялись методом вертикального электрического зондирования (ВЭЗ). Работы проводились с целью решения задач структурной и инженерной геологии, гидрогеологических исследований, поисков строительного сырья и материалов. Значительная их часть была направлена на изучение калийной залежи. Практически повсеместно использовалась симметричная установка.



Рис. 2.4. Картограмма изученности территории ВКМС сейсморазведочными методами: 1 – трест «Пермнефтегеофизика» (Л.П. Павлова, 1977 г., 1978 г., 1980-1986 гг., 1988 г.; Е.М. Черемных, 1968 г., 1981-1984 гг.; и др.); 2 – прочие организации (Северо-западный геологоразведочный трест Н.К. Кедрова, 1953-1954 г.; ВНИИГ Ф.Н. Гескин, 1955 г.)

Первые работы методом ВЭЗ выполнены в 1936-1938 гг. А.М. Пылаевым (Соликамская геофизическая партия ЦНИГРИ) при гидротехническом изучении площади проектировавшегося Соликамского гидроузла. Составлена карта кровли солей. В 1939-1940 гг. в районе городов Березники и Соликамск были проведены электрозондирования партией ВОДГЕО (И.А. Комиссаров). Были составлены карты кровли солей и верхней поверхности минерализованных вод, выявлены Соликамское и

Усть-Усольское поднятия, разделенные синклиальной зоной. В 1940 г. профильные ВЭЗ проводили Г.П. Касаткин (Кизеловская партия Уральского ГУ) и М.Н. Порывкин (ВНИИГ). В 1946 г. Ю.А. Константинов (Уральское ГУ) выполнял профильные электрозондирования с разносом АВ до 14 км в районе Камского водохранилища. По результатам работ предполагалось наличие синклиальной зоны на БКПРУ-1.

В 1948-1949 гг. ВНИИГом проводились съемки ВЭЗ масштаба 1:25 000 на участке между городами Соликамск и Березники (П.И. Новиков) с целью определения глубины залегания кровли со-

ли, определения структуры надсолевой толщи в зонах антиклинальных и синклинальных складок, изучения поверхности минерализованных вод. Выделенные максимумы кажущихся сопротивлений в надсолевых горизонтах увязывались исполнителями работ с соляными поднятиями, минимумы – с понижениями. Наличие резких подъемов кровли минерализованных вод по отдельным линиям было расценено как существование крутопадающих зон трещиноватости или разрывов.

Начиная с 1950 года партиями треста «Пермнефтегеофизика» в больших объемах проводились площадные электроразведочные работы методом ВЭЗ с максимальными разносами 10-16 км масштаба 1:100 000 (реже 1:200 000) с целью выявления структурных поднятий в пермских отложениях восточной окраины Восточно-Европейской платформы и Предуральского краевого прогиба (Ф.И. Жалыбин, В.К. Серов, А.П. Семенов, Л.В. Грушина). В результате выделен ряд тектонических элементов.

В 1955 г. К.П. Иванов (ВНИИГ) осуществлял съемки методами ВЭЗ и СЭП с разносами до 2 км. В 1955 г. съемки ВЭЗ масштаба 1:100 000 продолжил А.П. Зудин. В 1955 г. Р.И. Гескин (ВНИИГ) провел маршрутные ВЭЗ с разносами АВ до 14 км. В 1958 году К.П. Ивановым проведены опытно-производственные инженерно-геологические изыскания в долине р. Камы с использованием методов СЭП и ВЭЗ.

В 1963-1965 гг. проводились опытные работы по зондированию методом становления электромагнитного поля (МСП) и магнитотеллурическому профилированию с задачей опробования этих методов для определения глубины залегания кристаллического фундамента. В 1964 г. А.В. Кавин и В.Д. Карпов (ВНИИГ) прошли профиль МСП по линии Юкеево-Соликамск. В 1965 году Ф.К. Грушин («Пермнефтегеофизика») осуществляет измерения МСП по профилю Кочеево-Березники. Им намечены выступы и погружения опорного горизонта.

В 1965 г. Пермской съёмочно-тематической экспедицией (В.Д. Новгородов) проведена съемка ВЭЗ масштаба 1:25 000. Работы проводились с целью изучения Дуринского прогиба. В результате были оконтурены границы прогиба, построены карты изогипс опорного горизонта. На севере выделен прогиб, осложненный Дуринско-Усовским поднятием, на северо-востоке – второй субши-

ротный прогиб и Пашковское поднятие, к западу от него – безымянное поднятие с локальными зонами погружений, рассматривающихся как мульды выщелачивания подземного гипергенеза.

В 1970-1972 гг. Пермская геофизическая партия проводила съемки ВЭЗ и СЭП в комплексе с гравиразведкой на Быгельско-Троицком участке в помощь гидрогеологическим исследованиям по определению бортового охранного целика проектируемых БКЗ-4 и БКЗ-5 (Букин, 1972). Задачей геофизических работ являлось выделение зон тектонических нарушений и зон развития пресных вод. В результате прослежены борта Дуринского прогиба, выделен ряд мелких аномальных зон, предположительно связанных с участками развития пресных и солёных вод.

В 1973-1975 гг. Сылвенская гидрогеологическая партия ПГРЭ провела съемки ВЭЗ в помощь гидрогеологической съёмке масштаба 1:200 000 (Мелехов и др., 1975). По данным ВЭЗ проведено разделение территории на области различных типов геологических разрезов (песчаниковый, смешанный, существенно глинистый), зафиксированы зоны пресных и минерализованных подземных вод и закартированы трещинные зоны локализации подземных вод. Сходные работы выполнены этой же партией в 1976-1981 гг. (Иконников, 1981).

В 1978-1979 гг. Г.С. Польшгалова продолжила работы Сылвенской партии по использованию ВЭЗ для решения гидрогеологических задач. Велись поиски подземных вод для хозяйственного водоснабжения Березниковско-Камского промузла, изучались пресные и минерализованные воды и их локализация в трещинных зонах.

Наиболее значимыми из электроразведочных работ на территории ВКМКС являются площадные съёмки масштаба 1:50 000, проведённые Верхнекамским отрядом геофизической партии Пермской ГРЭ в 1987-1989 и 1990-1991 гг. (Беляев, 1989). Эти исследования охватили почти всю центральную часть калийной залежи месторождения за исключением городов Березники и Соликамск. Работы проводились с целью обнаружения электрических неоднородностей в разрезе надсоляной толщи, оконтуривания и детализации аномальных участков, установления их связи с особенностями геологического строения. Отчетными материалами явились погоризонтные карты кажущейся

щихся и удельных электросопротивлений в изолиниях в масштабе 1:50 000 для всей территории и в масштабах 1:25 000 (или 1:10 000) для детальных участков, разрезы кажущихся электросопротивлений и геоэлектрические разрезы по отдельным профилям, а также набор кривых ВЭЗ. В результате работ, выполненных в 1987-1989 гг., проведено выделение и литологическое расчленение четвертичных отложений, закартированы участки техногенного загрязнения высокоминерализованными водами верхней части разреза. Выделены по площади и в разрезе площадные и линейные аномалии электрического сопротивления пород, связываемые с участками минерализованных вод, зонами повышенной трещиноватости в надсоляной толще, на основании чего указаны участки, в пределах которых требуется повышенная осторожность при ведении горных работ. Уточнено положение южного борта Дуринского прогиба, установлена амплитуда его смещения в юго-восточном направлении, выявлена тектоническая зона на северо-восточном фланге БКПРУ-4. В результате работ 1990-1991 гг. выделен ряд крупных площадных аномалий повышенной проводимости пород надсоляного разреза, обусловленных залегающими в них высокоминерализованными водами, участками сильно трещиноватых, обводнённых пород, а также связанных с техногенным загрязнением подземных вод вблизи шламоотстойника, солеотвалов, рудничных дворов. Выявлен также ряд узких линейных аномалий повышенной проводимости, идентифицируемых с обводнёнными зонами повышенной трещиноватости, а также разрывными нарушениями в породах надсоляной толщи. Последние распространены в основном в пределах Дуринского и Боровицкого прогибов. Эти материалы использованы Т.В. Харитоновым в 1992 году при геологическом доизучении масштаба 1:50 000 Верхнекамской площади (Харитонов и др., 1992).

В 1992-1994 гг. ГП «Пермрудгеофизика» (Н.В. Веселкова) выполнены электроразведочные работы методом ВЭЗ масштаба 1:25 000 в комплексе с гравиразведкой (Плотников и др., 2002). По результатам электроразведочных работ зона Дуринского прогиба выделяется субширотной полосой пониженных сопротивлений, связанных с увеличением мощности пестроцветной толщи. Участки пониженных сопротивлений в СМТ вызваны наличием минера-

лизованных вод. Зоны повышенного сопротивления привязаны к антиклинальным структурам, слаботрещиноватым карбонатным породам ТКТ. В результате количественной интерпретации построены геоэлектрические разрезы. Отмечено несовпадение геоэлектрических границ и литологических границ по результатам бурения.

Изученность ВКМС площадными электрометрическими съемками приведена на рис. 2.5.

2.2. Характеристика выявленных разломов

На основе результатов предыдущих геологических и геофизических исследований по выделению крупных разрывных нарушений в районе ВКМС ((Аверьянов и др., 1992; Беляев и др., 1989; Валеев и др., 1974; Денисов и др., 1980; Джиноридзе и др., 1987; Кассин, 1985; Кассин и др., 1991; Нояксова и др., 1990; Санфиоров и др., 1993; Харитонов и др., 1992) и [22, 85]) составлена сводная схема разломов (рис. 2.6). Именно эта схема представляла собой исходную фактическую базу проведенных исследований. Следует отметить, что ее составление (кстати, весьма трудоемкий этап общей работы) потребовало приведения всех авторских результативных карт к одному масштабу (1:100 000) и тщательной корректировке плановой привязки разломов. Для этой цели использовался комплекс ориентиров, которые имелись на авторских картах (положение относительно скважин, границ шахтных полей и детально разведанных участков, характерных изгибов рек, границ планшетов, координатной сетки и т.п.).

На части результативных карт (Кассин и др., 1991; Нояксова и др., 1990 и др.) разломы показаны в виде зон некоторой ширины. В этих случаях на сводную схему выносилось положение их осевых (центральных) линий. На схеме (см. рис. 2.6) показано плановое положение 176 разломов, каждому из которых был присвоен индивидуальный номер, а их краткая авторская характеристика приведена в приложении 2.

Некоторый интерес представляет статистика разломов по методам их выделения, которая представлена в таблице 2.1.

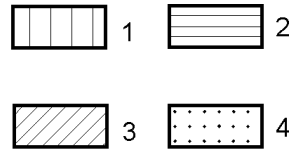
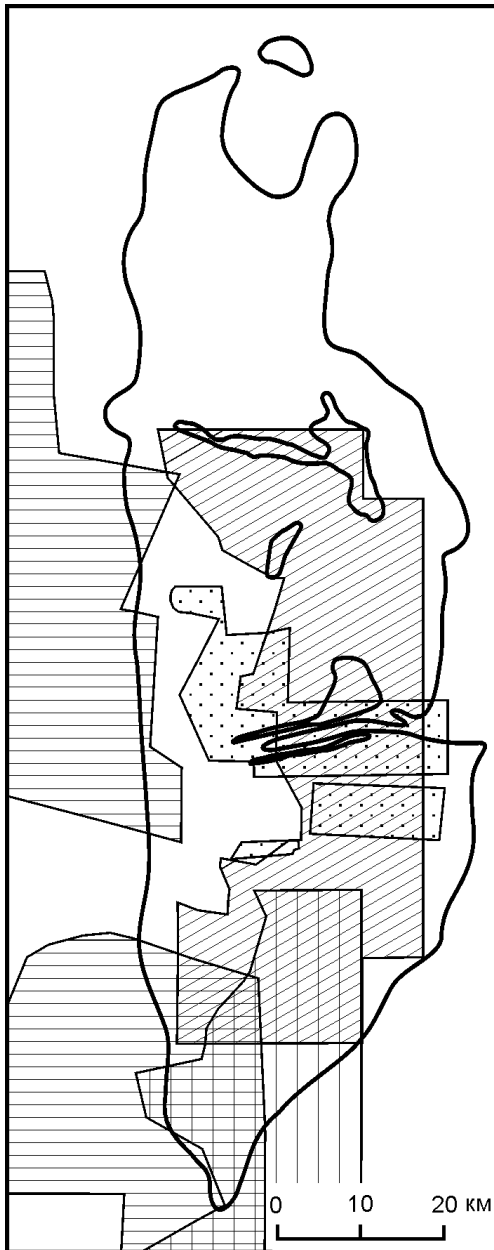


Рис. 2.5. Картограмма площадных съемок территории ВКМС методами электроразведки. Масштаб изученности площади: 1 – 1:200 000 (Е.А. Иконников, 1976-1981 гг.); 2 – 1:100 000 (Ф.И. Жалыбин, 1950 г.; В.К. Серов, 1951 г.; А.П. Семенов, 1952 г.); 3 – 1:50 000 (В.П. Беляев, 1987-1989 гг. и 1991-1992 гг.); 5 – 1:25 000 (П.И. Новиков, 1948-1949 гг.; В.Д. Новгородов, 1965 г.; Б.Ю. Букин, 1970-1972 гг.)

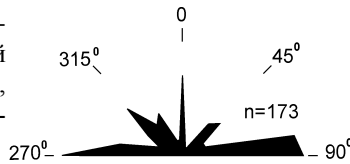
Таблица 2.1

Количество разломов, выделенных различными методами

Метод выделения	Количество разломов, шт.	Относительное количество, %
Гравиразведка	49	27,8
Магниторазведка	29	16,5
Геологические методы	26	14,8
Морфометрические и дистанционные методы	19	10,8
Сейсморазведка	5	2,8
Электроразведка	4	2,3
Комплекс методов	44	25,0
Всего	176	100

Огромное количество выделенных разломов в пределах ВКМС создает впечатление об их хаотичном расположении и ориентировке. Но это действительно только впечатление, так как на розе-диаграмме их простираний (рис. 2.7) четко выделяется четыре системы разломов,

Рис. 2.7. Роза-диаграмма простираний одиночных разломов, выявленных предшественниками.



краткая характеристика которых приведена ниже.

Таблица 2.2

Основные системы разломов в пределах ВКМС, выделенных предшественниками

Система	Параметры систем разломов			Системы планетарной трещиноватости [68]
	количество разломов	интервал простирания	средний азимут	
Широтная	74	255-290°	269°	270°
Северо-западная	47	290-345°	315°	315°
Меридиональная	29	345-25°	3°	0°
Северо-восточная	26	55-55°	48°	45°

Из таблицы 2.2 следует, что средний азимут простираения основных систем разломов в пределах месторождения практически совпадает с направлением систем планетарной трещиноватости. Это свидетельствует об определенном уровне обоснованности выделения разломов предшественниками.

На схеме разломов (см. рис. 2.6) видно, что подавляющее большинство их расположено в центральной и южной частях ВКМС (без крайнего юга), что обусловлено, скорее всего, не особенностями его строения, а объемами и детальностью геофизических исследований (см. рис. 2.2-2.5). В связи с этим была конкретизирована площадь дальнейших исследований ($S = 4,7$ тыс. км²), за пределами которой осталось шесть разломов: два (№№ 89, 90) в северной части месторождения и четыре (№№ 103-106) в южной.

На некоторых площадях месторождения оси разломов образуют узкие пучки (серии сближенных и субпараллельных разломов). Очевидно, что эти пучки составляют крупные зоны разломов, но для их выделения необходим какой-то критерий. В качестве этого критерия принято расстояние между разломами.

Общеизвестно, что более или менее крупные разрывные нарушения, в том числе и разломы, представляют собой зону определенной ширины, характеризующуюся развитием трещиноватых и дробленых пород. Такие зоны С.И. Шерман называет «зонами влияния разрывных нарушений» [118], а для определения их ширины он рекомендует формулу

$$M \leq 0,5 \cdot k \cdot L^c,$$

где M – ширина зоны влияния разлома, км; L – длина разлома, км; k и c – коэффициенты ($k = 0,3-0,5$; $c = 0,5-0,95$). Конкретные значения коэффициентов зависят от тектонической активности территории: при уменьшении активности k увеличивается, а c – уменьшается.

При отсутствии каких-либо данных по количественной оценке тектонической активности в пределах Соликамской впадины, при расчете M принимаем средние значения коэффициентов ($k = 0,4$ и $c = 0,73$), а значение L – равным средней длине разломов на ВКМС, выделенных предшественниками, которая составляет 24 км. Подставляя принятые значения в формулу С.И. Шермана, получаем,

что средняя ширина зоны влияния одиночного разлома в условиях ВКМС составляет 2 км, т.е. по 1 км в обе стороны от его оси. Следовательно, если расстояние между осями разломов не превышает двух километров, то эти разломы оказываются в зоне взаимного влияния.

Используя критерий «сближенности», было выделено шесть зон разломов, каждой из которых было присвоено собственное название. В этих зонах разломы из-за сближенности теряют свою индивидуальность и анализ каждого разлома в отдельности просто невозможен. Перечень разломов, входящих в состав зон, приведен в таблице 2.3, а характеристика зон разломов дается в главе 4.

Таблица 2.3

Разломы, вошедшие в состав зон разломов

Зоны разломов	Номера разломов
Дуринская	99, 100, 110, 135, 136, 144, 148, 149, 154, 155, 156, 161, 164, 165, 167, 168
Боровицкая	9, 11, 31, 32, 62, 92, 93, 107, 146, 160, 166
Зырянская	25, 53, 79, 101, 113, 138
Рубцовская	44, 65, 109, 134
Володинская	16, 77, 129, 130
Балахонцевская	27, 55, 126
Сибирская	28, 56, 84
Палашерская	30, 85

В ряде случаев разломы, находящиеся вне выделенных зон разломов, практически перекрывают или служат продолжением друг друга. Вполне понятно, что такое сочетание разломов есть не что иное, как проявление одного разлома. В этих случаях разломы объединялись в один с присвоением ему номера наиболее протяженно-го из них. В результате 16 пар разломов дают 8 единичных, в том числе 21 (21+48), 23 (23+52), 26 (26+139), 63 (63+38), 64 (64+40), 70 (70+5), 98 (98+67), 147 (147+102). Один разлом (№ 39) составлен из трех исходных (39+13+75).

Среди крупных разрывных нарушений (разломов), выделенных предшественниками, имеется три региональных надвига (разломы

№№ 174-176), о существовании которых говорят геологи ВНИИГ. Детальный анализ обоснованности выделения этих разрывных нарушений дан в разд. 2.3.

Таким образом, вся совокупность разломов, выявленных предшественниками в пределах ВКМС, разделяется на несколько групп.

Таблица 2.4

Группировка разломов ВКМС, выделенных предшественниками

Группы разломов		Количество
1.	Разломы за пределами площади исследований	6
2.	Региональные надвиги	3
3.	Разломы, вошедшие в состав зон	49
4.	Разломы, вошедшие в состав других разломов	10
5.	Одиночные разломы	108
Всего		176

2.3. Проблема региональных надвигов

Состояние вопроса

По мнению группы геологов ОАО «ВНИИГ», возглавляемой д.г.-м.н. Н.М. Джиноридзе [25, 33, 34, 37, 53, 85 и др.], главными элементами разрывной тектоники ВКМС являются три субмеридиональных региональных надвига – Усольский, Соликамский и Троицкий (рис. 2.8 и 2.9). Интересно отметить, что эти надвиги Н.М. Джиноридзе ставит в один ряд с такой крупной структурой, как Всеволодо-Вильвенский надвиг [85, с. 51]. Приведенный ниже анализ обоснованности выделения региональных надвигов на ВКМС имеет не только теоретическое, но и огромное практическое значение, поскольку именно идея региональных надвигов лежит в основе практически всей геологической части важнейшего нормативного документа – «Инструкции по защите рудников...», 1994» [45]. Следует отметить, что в 2004 году взамен этой «Инструкции...», 1994» введен новый нормативный документ (Указания..., 2004), в который благополучно «перекочевала» идея региональных надвигов и связанного с ними термодинамометаморфизма.

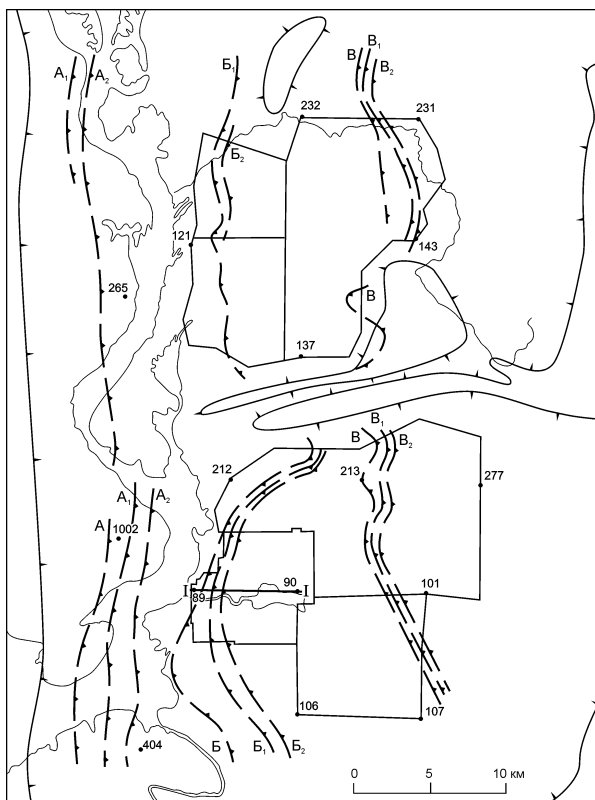


Рис. 2.8. Положение региональных надвигов (по [85]): 1 – контур калийной залежи; 2 - положение надвигов: Усольского (А, А₁, А₂), Соликамского (Б, Б₁, Б₂) и Троицкого (В, В₁, В₂) на уровне СМТ (А, Б, В); ПКС (А₁, Б₁, В₁) и КрП (А₂, Б₂, В₂); 3 – контуры участков детальной разведки; 4 – солеразведочные скважины и их номера; 5 – линия геологического разреза I-I

Предположение о наличии региональных надвигов – это система взглядов на многие стороны строения и генезиса ВКМС, представляющая (по мнению ее авторов) единую концепцию. Для того чтобы понять эту концепцию, необходимо привести основные термины и определения, которые были введены авторами при ее изложении в опубликованной и фондовой литературе.

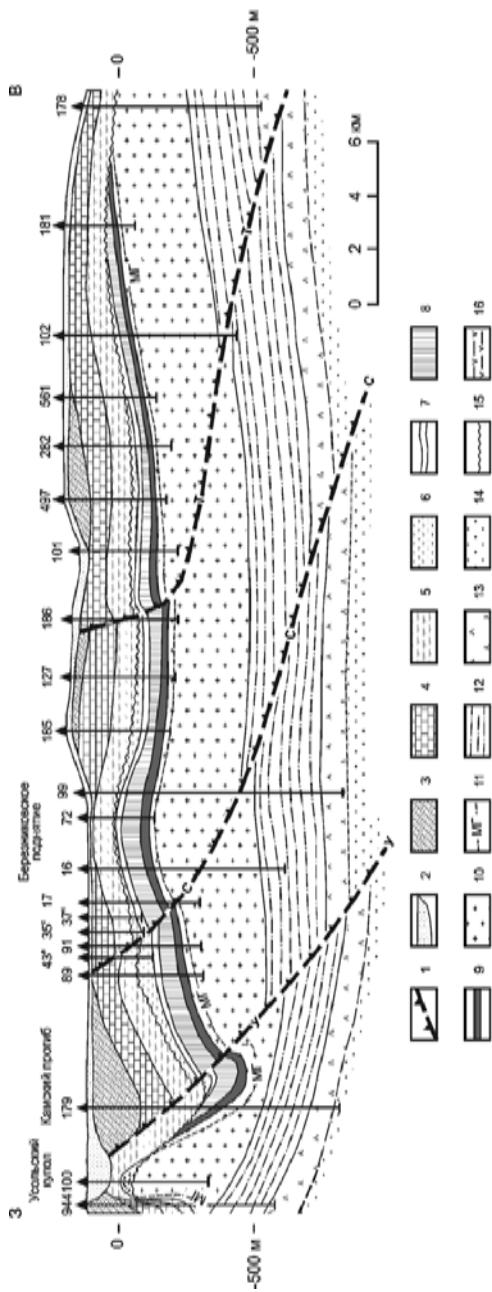


Рис. 2.9. Положение региональных надвигов в разрезе ВКМС (по [85]): 1 – надвиги, надсолевой комплекс; 2 – глина кайнозойская (КЗ), 3 – пестроцветная толща, 4 – терригенно-карбонатная толща, 5 – верхняя часть соляно-мергельной толщи; соляной комплекс: 6 – каменная соль нижней части СМГ; 7 – ПКС; 8 – карналлитовая зона; 9 – сильвинитовая зона с пластом Б; 10 – подстилающая каменная соль; 11 – маркирующий горизонт; подсолевой комплекс: 12 – преимущественно алевролиты нижеиренского горизонта; 13 – ангидриты филипповского горизонта; 14 – терригенные породы артинского яруса; 15 – поверхность подземного выщелачивания кровли соляной толщи; 16 – гипсово-глинистая шляпа

Зоны РФСД (зоны разрывных и флексурно-складчатых деформаций) – «участки максимального сжатия соляной толщи, сложенные относительно высокоамплитудными (более 10-15 м) опрокинутыми (вплоть до лежачих) флексурными складками и разрывными дислокациями, относящимися к категории разрывов скалывания» [37, с. 59].

Термодинамометаморфизм – «процессы изменения минералогии и химизма хлоридных калийно-магниевого солей совместно с расслоением и грануляцией каменной соли, образованием в ней структур и текстур динамофлюидального течения» [85, с. 9].

Зона ТДР – зона термодинамического разубоживания («зона галитизации сильвинита», «зона разубоживания/замещения – зона Р/З») [85, с. 9].

Галитизация сильвинитов – «процесс замены сильвинитов (красных, полосчатых, пестрых) каменной солью, который начинается снизу в красных сильвинитах и может распространяться вверх субгоризонтально через полосчатые и пестрые сильвиниты» [85, с. 9].

Вязкий разрыв скалывания – «поверхность перемещения соседних слоев или складок относительно друг друга без трещин скалывания или дробления (брекчирования) пород...» [85, с. 10].

ДРК – динамические разновидности каменной соли [85, с. 10].

Используя работы [25, 33, 34, 37, 53, 85] и (Джиноридзе и др., 1987, 1997, 2002), коротко изложим основные положения концепции региональных надвигов.

Региональные надвиги рассматриваются авторами гипотезы как сквозные системы разрывных дислокаций, которые развиты в подсолевом, солевом и надсолевом комплексах пород и имеют протяженность в несколько десятков километров. Они имеют восточное погружение, которое в интервале соляной толщи составляет 2-10°. Однако угол падения Троицкого надвига в интервале калийной залежи достигает 26°.

Образование региональных надвигов авторы гипотезы связывают с тектоническим давлением со стороны Урала, а «...причиной возникновения тангенциального давления и надвигов в Предуральском краевом прогибе (включая ВКМКМС) в раннемезозойскую эпоху явилось растяжение молодой континентальной коры Урала»

[85, с. 82]. «В результате этого давления соляная толща была смята в линейные западно-вергентные складки (флексурные, флексуроподобные, продольного изгиба) и формировались разрывные дислокации (надвиг, листрический сброс, сдвиг)» [85, с. 80]. Время формирования этих дислокаций различно: первоначально образовались флексуроподобные складки (P_2-T_7), а затем – надвиги, листрические сбросы и т.п. (T_7-J_1).

Региональные надвиги ассоциируются с зонами РФСД, ТДР и ДРК, причиной формирования которых «является продольное сжатие слоистых литифицированных соляных толщ, механизм которого создает условия постепенного возрастания температуры (до 70-100°C), одностороннего тектонического давления» [37, с. 97].

Авторы концепции считают, что она подтверждается следующими основными фактами:

- 1) наблюдением надвигов в подземных горных выработках;
- 2) удвоением той или иной части разреза месторождения;
- 3) наличием зеркал скольжения в породах надсолевого комплекса;
- 4) присутствием ДРК в верхних частях соленосной толщи;
- 5) наличием зон З/Р, а также совпадением в плане общей ориентировки их осей и контуров развития пестрых сильвинитов с направлением надвигов;
- 6) смещением в западном направлении геометрических центров зон З/Р верхних пластов относительно нижних;
- 7) наличием ГГА в верхней части СМТ;
- 8) развитием динамофлюидальных текстур и структур соляных пород, а также вязких разрывов;
- 9) высокой температурой (40-120°C) перекристаллизации солей в зонах З/Р.

В наших рукописных работах (Кудряшов, 1993, 1994 и др.) и публикациях [55 и др.] отмечались слабые места концепции региональных надвигов. К сожалению, ее авторы не отвечали на основные доводы этой критики, ограничиваясь мелкими контрзамечаниями по второстепенным вопросам, кстати, не всегда корректными (см. окончание настоящего раздела).

Анализ фактов, «подтверждающих» концепцию региональных надвигов

Оставляя в стороне правомочность введения новых терминов, изложим наши взгляды по поводу этой концепции. Региональные надвиги, по мнению авторов концепции, пронизывают всю соляную толщу месторождения и неоднократно наблюдались в подземных горных выработках. Но именно это утверждение не воспринимается большинством геологов, знающих ВКМС. Дело в том, что прямых признаков регионального надвига в солях этого месторождения еще никто не видел, хотя внутри соляной толщи пройдены тысячи километров подземных горных выработок. Достоверно обнаружены только мелкие срывы, которые вполне объясняются механизмом складкообразования в различных по физико-механическим свойствам породах, слагающих пласты. Единственный случай, отдаленно напоминающий локальный (но не региональный!) надвиг – блок 3 ОЭУ рудника БКПРУ-4 – вполне удовлетворительно интерпретируется как локальный срыв, сопровождающий интенсивное складкообразование. В связи с этим можно констатировать, что «фактов» прямого наблюдения региональных надвигов в подземных горных выработках ВКМС (см. п. 1) просто не существует.

И еще одно: предполагаемые региональные надвиги выходят под четвертичные отложения, но ни один исполнитель государственной геологической съемки (в том числе, исполнитель последней съемки масштаба 1:50 000 – Т.В. Харитонов) не закартировал их. Следует ли считать эти съемки некондиционными?

По поводу «фактов» удвоения части разреза (п. 2) необходимо отметить несколько моментов:

- известно, что многие части разреза ВКМС характеризуются сильной латеральной изменчивостью состава и мощности слагающих их слоев и пластов. Поэтому достоверность установления «удвоения части разреза» по керну скважин (что и сделано в большинстве случаев) весьма и весьма низка (в одном случае авторы гипотезы за удвоение разреза приняли даже двойное увеличение мощности пласта И-К [85, с. 46]). Такие «признаки» удвоения разреза соляной толщи весьма обычны и встречаются не только в зонах предполагаемых региональных надвигов;

- примечательно, что самые значительные интервалы удвоения разреза, показанные на многочисленных схематических разрезах (например, рис. 2.3, 2.28-2.30, 2.73, 3.8, 3.10 работы [85]), расположены, как правило, между скважинами;

- наблюдавшиеся в стенках подземных горных выработок случаи действительного удвоения разреза (отдельные слои, коржи, «книжечка») совсем не соответствуют масштабам «регионального надвига» и вполне объясняются локальными срывами при интенсивном складкообразовании.

Наличие зеркал скольжения в породах надсолевого комплекса (п. 3) не может служить признаком региональных надвигов, поскольку они (зеркала скольжения) обнаружены в керне многих скважин, расположенных за пределами зон влияния обсуждаемых структур.

В отношении динамических разновидностей каменной соли (п. 4) сразу возникает вопрос: почему ДРК развиты преимущественно в верхних частях соленосной толщи, а не по всему соленосному разрезу вдоль поверхности надвига? Ответа на этот вопрос в концепции нет.

Вызывает сомнение само существование так называемой «шламовидной каменной соли» – скорее всего, это действительно буровой шлам. Если это естественное образование, то почему она (дезинтегрированная каменная соль), обладая повышенной влажностью и находясь длительное время под большим литостатическим давлением, не литифицировалась. За такой длительный промежуток времени (с юрского периода) неизбежно восстановились бы структурные связи между ее частицами, так же, как появляются они между частицами галитовых отходов в солеотвалах.

Не является признаком надвигов и гранулированная каменная соль, поскольку в соляной толще она встречается повсеместно.

Рассмотрим факты, приведенные в п. 5. Согласно концепции, надвиги, являясь региональными, пересекают всю соляную толщу ВКМС, а зоны надвигов – места наибольшего изменения минерального состава продуктивных пластов калийной залежи. Отсюда – важное следствие: на литологических картах продуктивных пластов каменная соль зон замещений и пестрые сильвиниты должны проявляться непрерывно в виде лент вдоль зон надвигов (принцип

Кюри – следствие симметрично причине). В действительности все далеко не так (или даже совсем не так).

Например, на рис. 2.10 видно, что в региональном плане контуры развития литологических разностей (пестрых сильвинитов и других пород) ведут себя совершенно независимо от положения предполагаемых региональных надвигов. Особо надо отметить, что в пределах огромного участка развития пестрых сильвинитов (северо-восток южной части ВКМС) вообще нет региональных надвигов. Это же наблюдается и при сопоставлении планового положения региональных надвигов (Соликамского и Троицкого) и зон замещения пласта КрII каменной солью, вскрытых эксплуатационными работами в пределах шахтного поля рудника БКПРУ-2 (рис. 2.11а).

Далее. Длинные оси зон замещения действительно имеют преимущественно северо-западное простирание (рис. 2.11б), но это обусловлено, вероятнее всего, лучшими условиями миграции агрессивных растворов вдоль складок, нежели поперек их. Соотношение длинных и коротких осей зон замещений (рис. 2.11в) не настолько велико, чтобы говорить о вытянутости их вдоль зон надвигов.

Факты, отмеченные под п.п. 6, 7 и 8 (смещение в западном направлении геометрических центров зон «замещения-разубоживания» верхних пластов относительно нижних, наличие ГГА в верхней части СМТ, динамофлюидальных текстур и структур соляных пород и вязкие разрывы) вполне объясняются альтернативными точками зрения на формирование зон замещений (например, флюидогеодинамической [55]).

Температура перекристаллизации солей в зонах З/Р, достигающая 120°C (п. 9), не подтверждает термодинамометаморфизм, который якобы парагенетически связан с надвигообразованием, наоборот – она опровергает его. Это следует из оценки возможного повышения температуры, которое могло иметь место при максимальных фактических деформациях соляных пород ВКМС.

Обозначим через ΔT прирост температуры при деформации элементарного объема породы (ΔV), находящегося в адиабатических условиях, за счет перехода механической энергии A в тепловую Q , допуская, что $A = Q$. Эта величина, как известно, рассчитывается по формуле

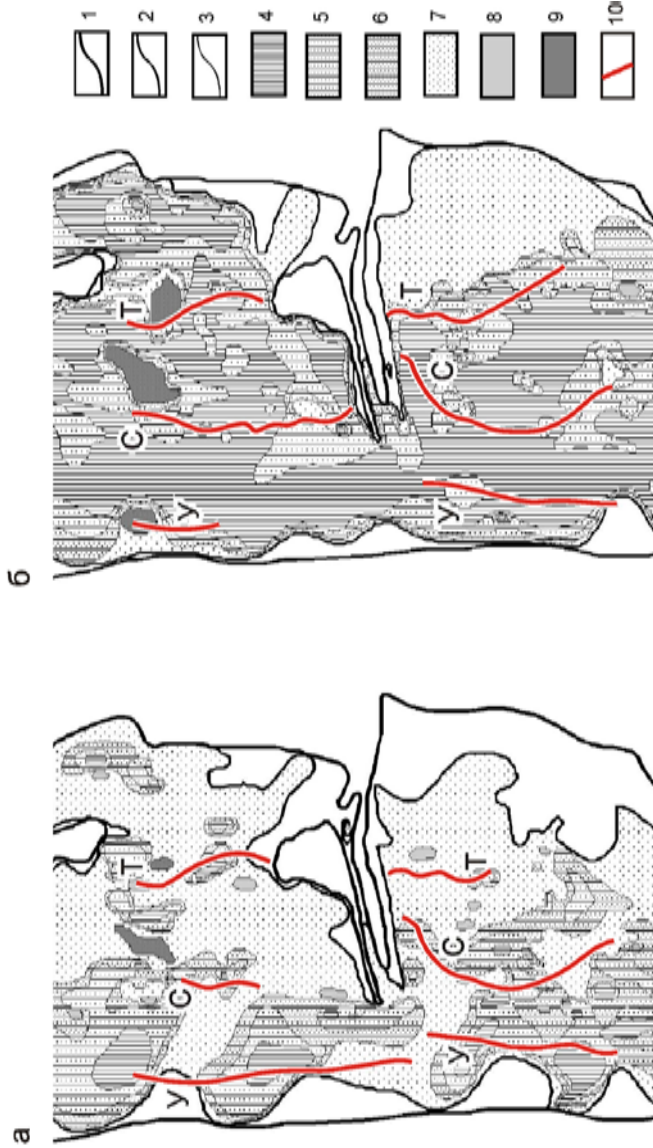


Рис. 2.10. Карты литологического состава пластов Б (а) и Е (б) района региональных надвигов: 1 – контур калийной залежи; 2 – контур пласта; 3 – литологические границы; 4 – карналлитовые породы; смешанные соли; 5 – существенно карналлитовые, 6 – существенно сильвинитовые; 7 – пестрые сильвиниты; 8 – каменная соль; 9 – гипсово-глинистые шпалы; 10 – региональные надвиги (У – Усолинский, С – Соликамский, Т – Троицкий)

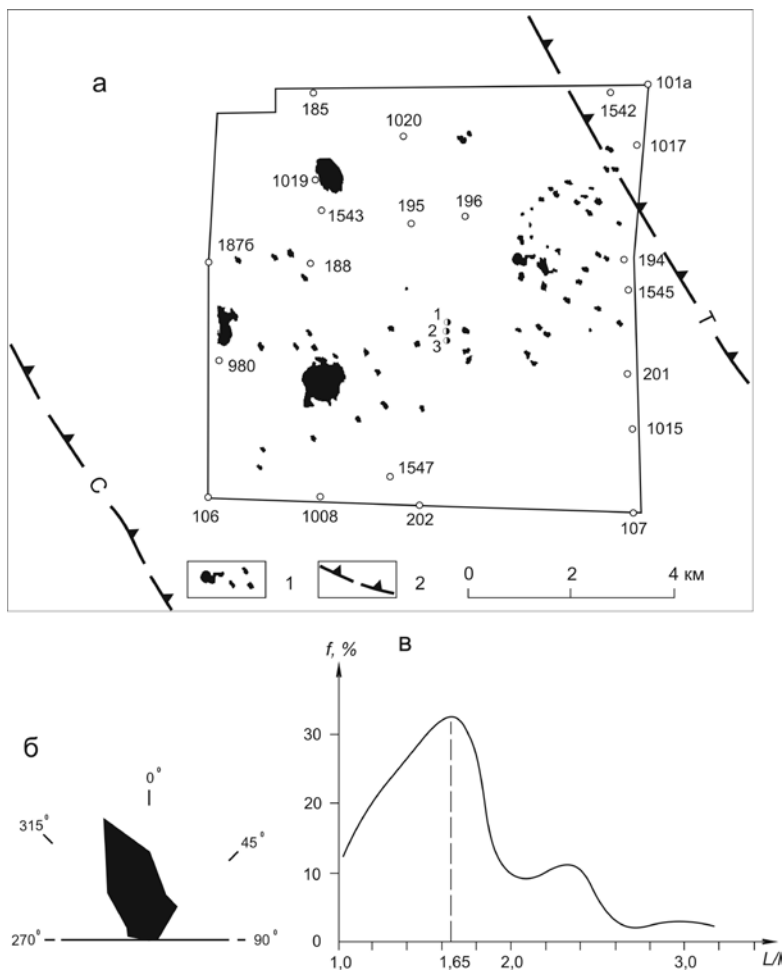


Рис. 2.11. Карта-схема литологического состава (а), роза-диаграмма простираний длинных осей (б) и вариационная кривая соотношения длинных и коротких осей (в) зон замещений пласта КрII на шахтном поле рудника БКПРУ-2: 1 – зоны замещений силвинитов пласта КрII каменной солью; 2 – региональные надвиги: С – Соликамский, Т – Троицкий

$$\Delta T = Q/(c \cdot m),$$

где c – удельная теплоемкость, Дж/(кг·К), которая для каменной соли составляет 2557; m – масса вещества, которая для 1 м³ каменной соли составляет 2165 кг.

Механическая работа A , затрачиваемая на деформирование единичного объема породы ΔV , находится по формуле [110].

$$A = \tau \cdot \varepsilon \cdot \Delta V,$$

где τ – деформирующее напряжение, Па; ε – средняя деформация по объему, доли ед.; $\Delta V = 1 \text{ м}^3$.

Тектоническое сдвиговое напряжение (стресс), под действием которого происходила деформация соляных пород, является палеонапряжением и поэтому выяснить истинное его значение, вероятно, никогда не удастся. Но оно может быть оценено косвенно, исходя из геологических соображений, общих положений механики горных пород и результатов лабораторных исследований физико-механических свойств солей. Ограничим его сверху, т.е. определим максимальное значение, которое возможно в условиях ВКМС.

Самым жестким ограничением сверху является то, что τ не может быть больше максимального касательного напряжения τ_3 , которое имеет место при разрушении горной породы в соответствующих условиях, т.е. $\tau < \tau_3$.

Наиболее изученной физико-механической характеристикой соляных пород, в том числе и каменной соли, является прочность на одноосное сжатие $\sigma_{сж}$, которую используем для определения τ_3 , т.е. $\tau_3 = 0,5\sigma_{сж}$.

По справочным данным (например, [104]), предел прочности каменной соли на сжатие при температуре 24°C и всестороннем давлении 100 бар составляет 770 бар, а при всестороннем давлении 530 бар – 830 бар. Зададимся условием, что деформация происходила на предельно возможной для Соликамской впадины глубине, равной 1000 м, где литостатическое давление составляет около 250 бар. Интерполируя, найдем, что при этом всестороннем давлении предел прочности каменной соли на сжатие составляет 790 бар (79 МПа). Однако эта величина, рассчитанная по данным кратковре-

менных испытаний, представляет собой мгновенную прочность. Исходя из того, что процесс деформирования пород в зонах формирования предполагаемых надвигов проходил за геологическое время, в наших расчетах мы должны принять величину длительной прочности на сжатие $\sigma_{сж}^{дл}$. Известно, что эта величина не превышает $0,75\sigma_{сж}$. Отсюда получаем, что $\tau < 0,375\sigma_{сж}$ (29,6 МПа).

Теперь определимся с величиной ε . В зонах формирования предполагаемых надвигов локально деформация пород может достигать нескольких сот процентов. В среднем же она значительно ниже. Ограничим величину ε сверху. Известно [110], что если пласт сжат в непрерывные складки, амплитуда которых примерно равна их ширине, то деформация в целом составляет 60% или 0,6. Геологическая ситуация районов зон РФСД, где имеются зоны замещения, свидетельствует, что средняя деформация пород значительно ниже. Тем не менее примем, что $\varepsilon = 0,6$.

Таким образом, принимая максимально возможные значения τ (29,6 МПа) и ε (0,6), найдем, что при ΔV равном 1 м^3 , $A = Q = 17,8 \cdot 10^6$ Дж. Следовательно, в адиабатических условиях прогрев соляных пород на участке формирования предполагаемых надвигов не может превысить $\{17,8 \cdot 10^6 / (2557 \cdot 2165)\} 3,2^\circ\text{C}$.

Следует отметить, что этот расчет сделан явно в пользу оппонентов. Если взять умеренные значения величин (не вся механическая работа переходит в тепловую, прочность массива несколько ниже, чем прочность образцов по данным лабораторных исследований, генерируемое тепло неизбежно рассеивается в окружающий массив – каменная соль обладает аномально высокой теплопроводностью), то вывод очевиден: рассматриваемые в концепции процессы термодинамометаморфизма не могли проходить без поступления тепла извне.

О термодинамометаморфизме

Приведем выдержку из работы, характеризующую роль «термодинамометаморфизма» в изменении состава продуктивных пластов ВКМС.

«Термодинамометаморфизм как следствие тектоники сжатия (и парагенного с ним растяжения) локализуется по площади месторождения вдоль тектонически интенсивно “переработанных” зон и распространяется на всю соляную толщу независимо от глубины ее

погружения. В отличие от катагенеза термодинамометаморфизм, в свою очередь, создает в соляной толще восходящие проницаемые зоны (каналы), в которых происходит коренное преобразование минерального состава, структуры и текстуры соляных пород, сформированных на этапах седиментации и диагенеза. Преобразование включает динамическую перекристаллизацию, растворение, новообразование, и вынос вещества с участием флюидов (кристаллогидраты, газ), выделившихся из соляных минералов и пород при возрастании температуры и одностороннего тектонического давления» [33, с. 3-4].

«Пояснив» таким образом сущность «термодинамометаморфизма», авторы концепции не дают четкого ответа на вопрос – какой же механизм лежит в основе формирования зон замещений (З/Р)?

Приведем по этому поводу несколько цитат из работы [85]: «...галитизация происходила практически за счет выноса (удаления) из слоя хлористого калия...» (с. 9); «значительное уменьшение толщины (галитизированного пласта КрII – *А.И. Кудряшов*) свидетельствует о доминанте выноса вещества при образовании зон галитизации» (с. 132); «Галитизация сильвинита – процесс замещения сильвинитов (красных, полосчатых, пестрых) каменной солью, <...> сама галитизация происходила практически за счет выноса (удаление) из слоя хлористого калия, “замещение” при этом играло второстепенную роль» (с. 34); «...минералообразующие процессы отнесены к метасоматозу...» (с. 362).

Сложилась весьма странная ситуация – так называемое «удаление» («разубоживание») хлористого калия авторами названо не замещением, но метасоматозом. Однако, согласно [46, с. 438], «... метасоматоз осуществляется, главным образом, в результате замещения с переотложением...».

Из сказанного все же очевидно, что «удаление» хлористого калия происходит в форме водного раствора. Дело остается за малым – в источнике воды: «Среди авторов работы дискуссионным остается вопрос об источнике «увлажнения» соляных пород при метасоматическом образовании зон галитизации сильвинитов. Одни считают источником хлоридно-натриевые растворы, мигрировавшие из подстилающей каменной соли, отнеся эти зоны при этом к эпигенетическим образованиям. Другие полагают, что источни-

ком «увлажнения» была жидкая фаза, заключенная в минералах соляных пород (образовавшихся на стадиях седиментации и диагенеза) и высвобожденная на стадии термодинамометаморфизма, сопровождавшего процесс продольного тектонического сжатия» [85, с. 363]. Для того, чтобы устранить эту дискуссию, авторам следовало бы провести соответствующие физико-химические расчеты (система $H_2O-NaCl-KCl-MgCl_2$ хорошо изучена), но этого почему-то не было сделано. Исправим этот недостаток.

Первоначально дадим оценку потенциального количества вод, которое может выделиться при «термодинамометаморфизме» пород ПдКС. Основная часть воды этой толщи сосредоточена в несоляных породах (карбонатно-сульфатно-глинистые пласты и прослои глинисто-ангидритового материала), между зернами соляных пород и внутри зерен соляных минералов в виде микровключений.

По данным [65, 78], пористость каменной соли ВКМС в среднем составляет 1,5%, а несоляных пород – 8,3%. Точных данных по объемному содержанию воды (рассолов) внутри кристаллов солей ВКМС пока не имеется. Однако для оценки этой величины можно использовать данные В.И. Копнина и Н.Е. Молоштановой [52], согласно которым, весовое содержание воды (H_2O) в зернах (монокристаллах) сильвина составляет 0,30-0,41% (среднее – 0,355%). Примем, что это количество воды имеется и в зернах галита. Путем простых пересчетов получаем, что объемное содержание микровключенного рассола в галите, насыщенного по хлористому натрию, составляет 0,5%. Расчет проведен при следующих условиях: температура – 15°C; содержание воды в рассоле – 73,67%; плотность рассола – 1,205 г/см³ [102]; плотность галита – 2,165 г/см³ [35]. Тогда общее объемное содержание рассолов в «чистой» каменной соли составит (1,5+0,5) 2,0%.

Для определения объема водных растворов, заключенных в ПдКС, необходимо определить средние суммарные мощности пластов (и слоев) «чистой» каменной соли и несоляных пород.

ПдКС сложена тремя пачками (горизонтами [40], литозонами [51]). Нижняя пачка представлена чередующимися пластами (слоями) каменной соли и терригенно-хемогенных пород. Последние представлены глинисто-(мергельно)-ангидрито-доломитовыми, глинисто-(мергельно)-гипсово-ангидритовыми и доломито-ангидритовыми разностями, а также алевролитами и песчаниками.

По данным В.И. Копнина [51], мощность нижней пачки ПдКС изменяется от 61 до 98 м (среднее – ≈ 80 м), а соленасыщение – 61–82% (среднее – $\approx 72\%$). Отсюда следует, что суммарная мощность пластов несоляных пород в среднем составляет 22,5 м.

Средняя пачка ПдКС средней мощностью 190 м [51] представлена относительно однородной каменной солью. В ней встречаются прослои глинисто-ангидритового материала суммарной мощностью 5–10 м [40] (среднее – 7,5 м).

Верхняя пачка ПдКС средней мощностью 25 м в основании содержит пласт доломит-ангидрит-глинистой породы («маркирующая глина» – МГ), средняя мощность которого составляет 2 м [40].

Детальное исследование микрослоистости верхней части ПдКС показало [55], что доля глинисто-ангидритовых прослоек в ее каменной соли в среднем равна 0,03. Считая, что эта доля характерна для всей ПдКС, можно найти суммарные мощности глинисто-ангидритовых прослоев во всех ее пачках.

Исходя из имеющихся величин, находим (табл. 2.5), что объем всех водных растворов (рассолов), содержащихся в ПдКС (т.е. ниже калийной залежи), составляет $8,41 \text{ м}^3$ на 1 м^2 залежи.

Таблица 2.5

Объем поровой и микровключенной жидкой фазы (рассолов), содержащейся в породах ПдКС на 1 м^2 залежи

Пачки ПдКС	«Чистая» каменная соль		Несоляные породы		Объем рассолов, м^3
	мощность, м	пористость, %	мощность, м	пористость, %	
Верхняя	22,3	2,0	2,7	8,3	0,67
Средняя	177,0	2,0	13,0	8,3	4,62
Нижняя	55,8	2,0	24,2	8,3	3,12
Всего рассолов					8,41

Физико-химические расчеты показывают [55 и др.], что при $t = 15^\circ\text{C}$ один кубометр рассола, насыщенного по NaCl и не содержа-

шего других компонентов, может растворить 0,122 т сильвина или разложить 1,549 т карналлита с выделением из него KCl в форме сильвина. Отсюда следует, что весь раствор, содержащийся в столбе пород (сечением 1 м²) от подошвы ПдКС до подошвы калийной залежи, может растворить не более 1,03 т сильвина или разложить не более 13,03 т карналлита (минерала).

На ВКМС имеются сквозные зоны, где все продуктивные пласты представлены каменной солью замещения. В табл. 2.6 показано, какое количество карналлита должно разложиться, а KCl – вынестись, чтобы образовалась сквозная зона замещения (в расчете на 1 м² залежи).

Таблица 2.6

Продуктивность компактной части разреза калийной залежи
(в среднем по центральной и южной частей ВКМС)

Пласт	Мощность, м [40]	Содержание, % [40]		Продуктивность, т/м ²	
		KCl	MgCl ₂	по сильвину	по карналлиту**
Е	4,72	15,1	9,69	1,7*	6,3
Д	4,27	14,4	10,40	1,8*	6,7
Г	4,96	16,8	11,30	1,8*	6,7
В	4,35	21,7	10,90	2,2*	8,2
Б	1,58	31,2	5,62	1,2*	4,5
А	1,51	37,3	-	1,2	-
КрI	1,10	33,2	-	0,8	-
КрII	4,54	30,3	-	2,9	-
Сумма				13,3	32,4

* – количество сильвина, образующегося при полной сильвинитизации карналлита;

** – количество первичного карналлита.

Сравнение потенциальной выщелачивающей способности выделяющихся растворов (чуть более 1 т сильвина и 13 т карналлита) с итоговыми цифрами (см. табл. 2.6) говорит о том, что если при «термодинамометаморфизме» из каменной соли ПдКС выделится вся жидкая фаза (что, конечно, невозможно), содержащая только

NaCl (в действительности в ней всегда есть какое-то количество KCl и MgCl₂), то ее все равно не хватит даже для сильвинитизации карналлита. Что касается метасоматического замещения сильвина всей калийной залежи, то здесь разница больше чем на порядок (ее недостаточно для замещения сильвинитов даже одного пласта КрII). Отсюда видим, что образование сквозных зон замещения при «термодинамометаморфизме» невозможно и, следовательно, наличие зон замещения сильвинитовых пластов каменной солью и пестрых сильвинитов не может быть признаком для выделения региональных надвигов.

*Геологическое строение некоторых участков
«региональных надвигов»*

Выше рассмотрены, главным образом, общетеоретические вопросы проблемы региональных надвигов. Перейдем к рассмотрению конкретных геологических ситуаций районов региональных надвигов в пределах шахтных полей калийных рудников ОАО «Уралкалий».

Шахтное поле рудника БКПРУ-1. В общей характеристике одного из региональных надвигов, помещенной на стр. 44 работы [85], говорится: «...в структуре шахтных полей центральной части ВКМКС зона Соликамского надвига прослежена на протяжении более 40 км. Она исследована нами отдельными фрагментами, принадлежность которых к единой зоне регионального надвига не вызывает сомнений. Зона погружается на восток под углом 11-13°». И более конкретно: «На севере БКПРУ-1 она (зона Соликамского надвига – *А.И. Кудряшов*) вскрыта скв. 96 и 3-м западным разведочным штреком. В скв. 96 она выделяется на основе повторения разреза, представленного от пласта И до ПКС включительно, а в разведочном штреке – по брекчированности пород МГ. Зона надвига здесь ассоциирует в пространстве с крупной зоной галитизации сильвинитов пластов КрIII-АБ. Плоскость надвига погружается на восток под углом 16°. В юго-западной части рудника БКПРУ-1 зона Соликамского надвига выявляется на профиле между скважинами 17-91. Вероятнее всего, проявлением этого надвига следует объяснить площадное несоответствие в ориентации складчатых структур в западном крыле крупной зоны галитизации сильвинитов Кр. III-АБ, расположенной к западу от ствола № 2 рудника БКПРУ-1» [85, с. 39-40].

Рассмотрим некоторые отмеченные фрагменты, на основании которых был выделен надвиг, и одно важное следствие – непрерывность его проявления в геологическом строении калийной залежи по латерали. Это следствие неизбежно вытекает из двух основных положений гипотезы – региональности надвига и его генетической ассоциации с сильвинитизацией карналлита и галитизацией сильвинита, т.е. с зонами замещения. И наоборот, если есть региональный надвиг, то должны быть зоны замещения.

На рис. 2.12 показано плановое положение Соликамского регионального надвига в пределах шахтного поля БКПРУ-1 относительно границ литологического состава трех рабочих пластов. На литологических картах этих пластов видно, что южная часть этого надвига вообще не проявляется в изменении их состава (здесь нет не только зон замещений, но даже не сильвинитизирован карналлит пласта В).

На севере шахтного поля надвиг, как уже отмечалось, обоснован Н.М. Джиноридзе «повторением разреза от пласта И до ПКС включительно», который якобы вскрыт скважиной 96. Разрез верхней части соленосной толщи по данным бурения этой скважины приведен на рис. 2.13. Достоверно интерпретировать появление дополнительных двух тонких слоев как повторение части разреза нельзя по нескольким причинам. Во-первых, признаком надвига может быть только повторение маркирующих горизонтов (см. разд. 3.2), а их в рассматриваемой части разреза нет. Во-вторых, причиной появления двух «лишних» продуктивных слоев может быть наличие опрокинутой складки. В-третьих, подзона тонких пластов карналлитовой зоны (от кровли пласта Е до кровли пласта К) всегда отличалась непостоянством количества продуктивных пластов, в том числе дополнительных. Именно поэтому ранее В.И. Копнин [50] выделял пласт Л в разрезе некоторых скважин. Что касается скважины № 96, то она характеризуется наличием нескольких «лишних» пластов (слоев): например, в пластах каменной соли Ж-З и И-К. В-четвертых, по мнению геологов УПБГРР, подошва ПКС в разрезе этой скважины должна быть опущена до кровли пласта К.

На рис. 2.14 приведен разрез по линии I-I, ориентированной вкрест Соликамского надвига. Как в целом по разрезу, так и по отдельным скважинам (рис. 2.15) надвиг никоим образом не отражается в строении этой части месторождения.

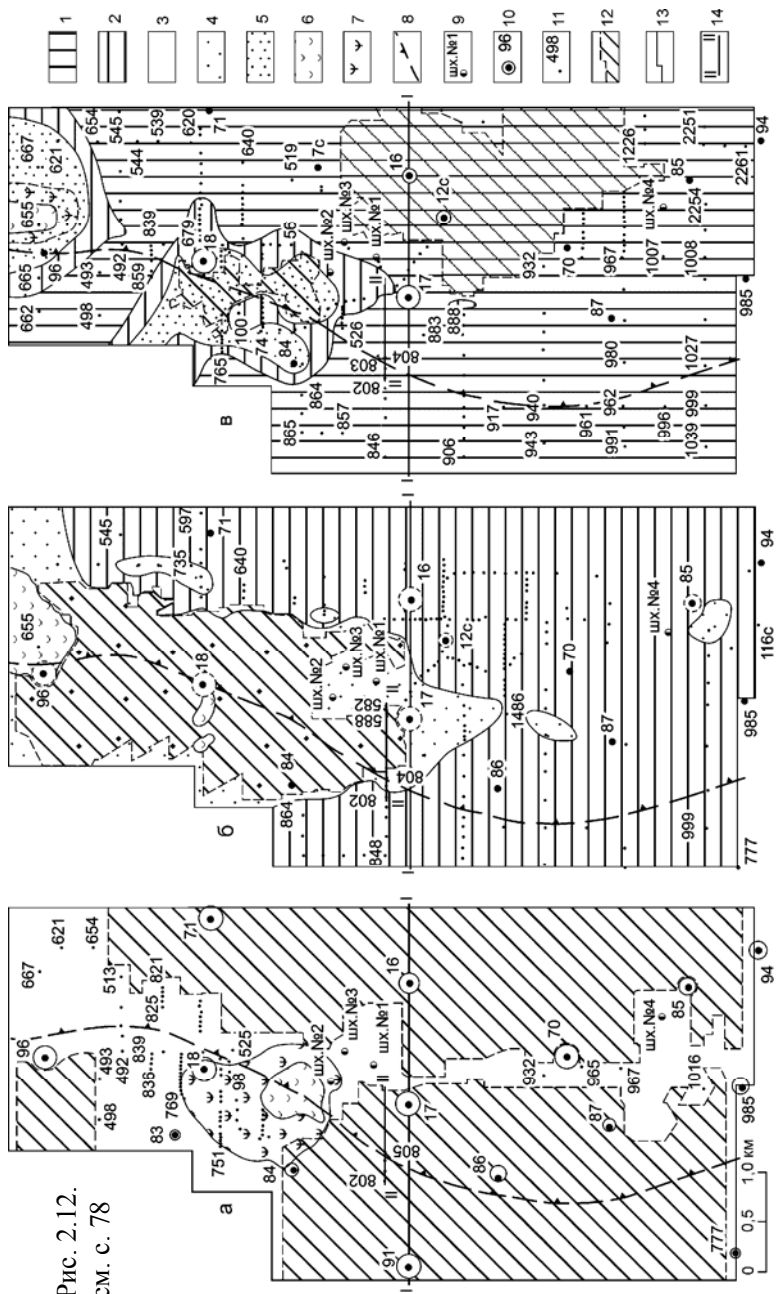


Рис. 2.12.
СМ. С. 78

Рис. 2.12. Фрагменты литологических карт пластов КрII (а), АБ (б) и В (в) шахтного поля рудника БКПРУ-1: 1 – карналлитовые породы; 2 – смешанные соли; 3 – сильвинит пласта КрII; 4 – сильвинит пласта АБ; 5 – пестрый сильвинит; 6 – полное замещение калийного пласта каменной солью; 7 – частичное замещение калийного пласта каменной солью; 8 – положение Соликамского надвига по кровле пласта; 9 – шахтный ствол; 10 – солеразведочная скважина; 11 – скважины подземного бурения; 12 – отработанное пространство; 13 – граница шахтного поля; 14 – линия геологического разреза

Отсутствие даже малейших признаков какого-либо надвига (а тем более регионального) в промышленной части разреза калийной залежи особенно отчетливо видно по данным детальной геологической документации подземных горных выработок и скважин эксплуатационной разведки (рис. 2.16).

Таким образом, детальный анализ геологического строения соляной толщи в районе предполагаемого Соликамского регионального надвига однозначно свидетельствует об отсутствии такового в пределах шахтного поля БКПРУ-1.

Шахтное поле рудника БКПРУ-4. «Зона Троицкого регионального надвига «выявлена в структуре центральной части шахтного поля БКПРУ-4 и северо-восточной части БКПРУ-2. <...> Зона Троицкого надвига изучена на руднике БКПРУ-4, где вскрыта подземными скважинами и горными выработками, геологоразведочными скважинами, пробуренными специально с поверхности, и выявлена сейсмопрофилированием МОГТ.

На шахтном поле БКПРУ-4 зона Троицкого надвига представлена ассоциацией в пространстве флексурных складок, вязких разрывов скалывания, ДРК и зон (местами) галитизации сильвинитов, структурами и текстурами динамофлюидального течения соляных пород. <...> Типичные вязкие разрывы скалывания вскрыты забоями камер 1 и 3 в 4-м западном блоке ИОВП» [85, с. 44].

Положение Троицкого регионального на юге шахтного поля БКПРУ-4 показано на рис. 2.17. Если оставить в стороне зону замещения в районе скв. 484, то так же, как и в предыдущем случае, эта часть Троицкого надвига не проявляется в литологии пласта КрII.

Пачка, пласт	Глубина, м	Мощность, м	Выход керна, %	Литологическая колонка
ПКС	167,50	16,60	67	+ + + + + + + +
	169,72	2,22	100	+ + + + + + + +
	169,90	0,18	100	+ + + + + + + +
	174,80	4,90	98	+ + + + + + + +
	174,90	0,10	100	+ + + + + + + +
	176,70	1,80	81	+ + + + + + + +
	К	177,25	0,55	80
И-К	179,15	2,50	78	+ + + + + + + +
	182,20	2,45	67	+ + + + + + + +
	182,48	0,28	89	+ + + + + + + +
	186,40	3,92	30	+ + + + + + + +
	И	186,80	0,40	75
3-И	189,95	3,15	100	+ + + + + + + +
	191,20	1,25	100	+ + + + + + + +
	193,00	1,80	100	+ + + + + + + +
	3	193,70	0,70	100
Ж-3	194,50	0,83	100	+ + + + + + + +
	195,05	0,52	100	+ + + + + + + +
	195,62	0,57	100	+ + + + + + + +
	197,95	2,33	100	+ + + + + + + +
Ж	198,56	0,61	100	+ + + + + + + +
	198,74	0,18	100	+ + + + + + + +
Е-Ж				+ + + + + + + +

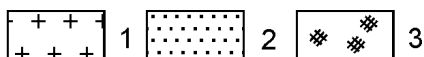


Рис. 2.13. Фрагмент геологической колонки солеразведочной скважины № 96: 1 – каменная соль; 2 – сильвинит пестрый; 3 – вкрапления сильвина

Не проявляется этот надвиг и в общем геологическом разрезе по линии скважин 482-483-484-1027-495 (рис. 2.18). На разрезе более крупного масштаба (рис. 2.19) в зону предполагаемого Троицкого регионального надвига попадает флексуорообразная складка, которая четко отрисовывается по пласту МГ. Но складка еще не надвиг и, тем более, не региональный. И, наконец, детальный разрез поперек направления предполагаемого надвига через промышленную зону (рис. 2.20) не оставляет никакого сомнения об его отсутствии в этой части шахтного поля.

Таким образом, результаты анализа признаков выделения региональных надвигов, теоретических положений и следствий этой концепции с учетом конкретного фактического материала свидетельствует об одном – в структуре ВКМС региональных надвигов нет. В связи с этим далее в книге эти надвиги не рассматриваются.

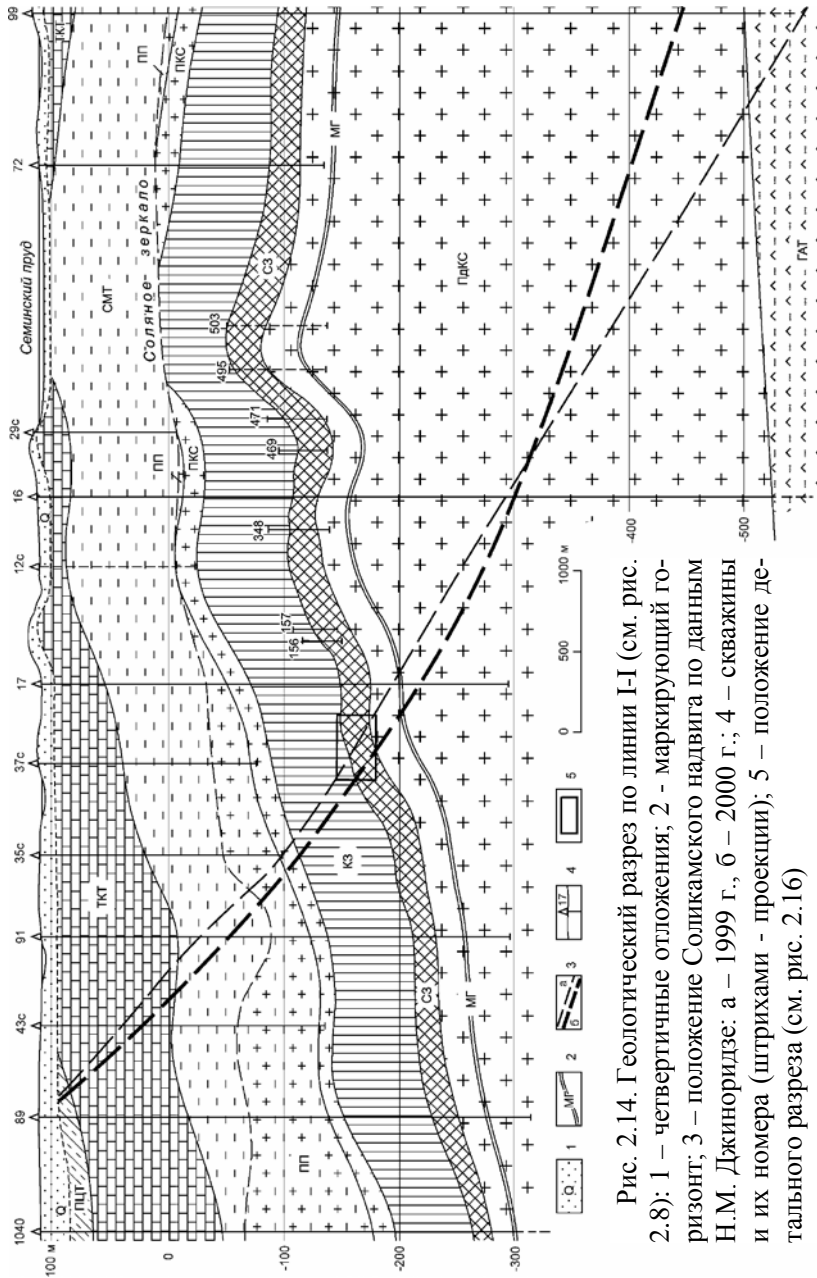


Рис. 2.14. Геологический разрез по линии I-I (см. рис. 2.8): 1 – четвертичные отложения; 2 - маркирующий горизонт; 3 – положение Соликамского надвига по данным Н.М. Джиноридзе: а – 1999 г., б – 2000 г.; 4 – скважины и их номера (штрихами - проекции); 5 – положение детального разреза (см. рис. 2.16)

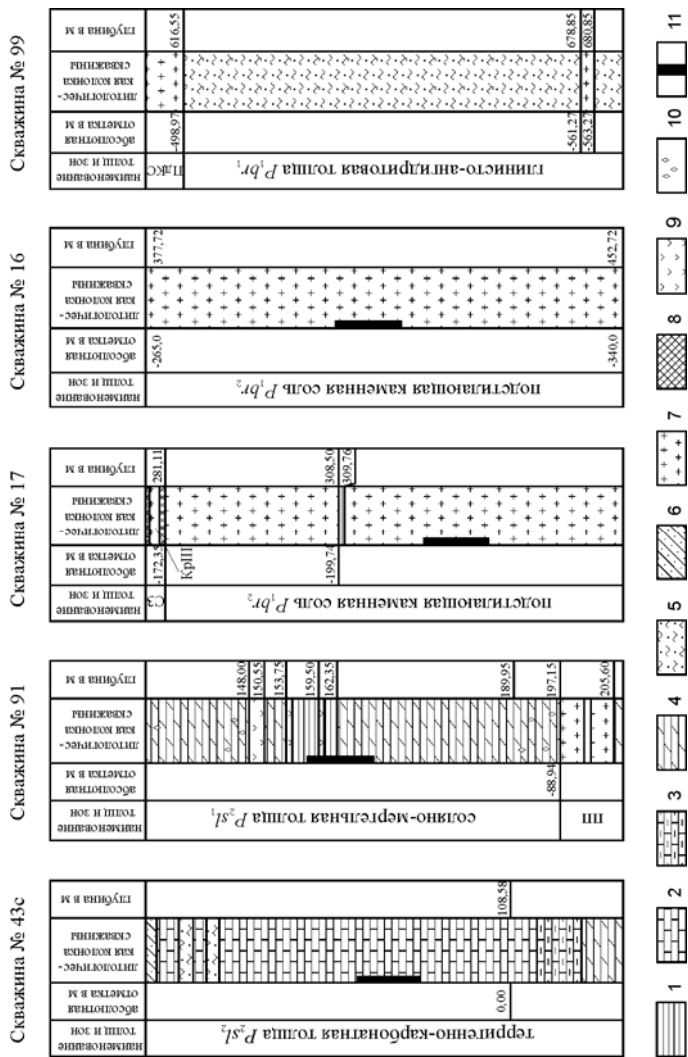


Рис. 2.15. Фрагменты колонок скважин (пояснения в тексте): 1 – глина; 2 – известняк; 3 – известняк глинистый; 4 – мергель; 5 – алевролит; 6 – песчаник; 7 – известняк; 8 – известняк; 9 – известняк; 10 – известняк; 11 – известняк

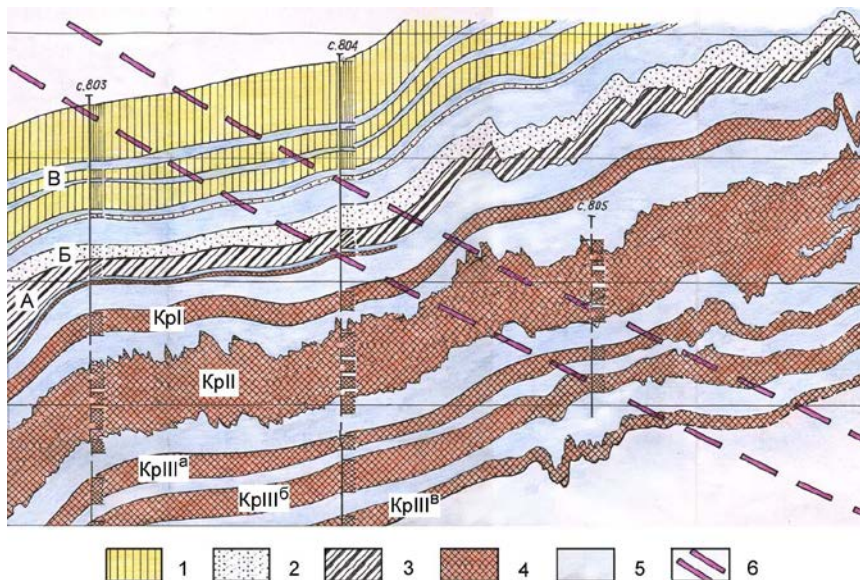


Рис. 2.16. Детальный геологический разрез промышленной зоны БПКРУ-1 по линии II-II вкрест Соликамского надвига (по данным подземных горных и буровых работ): 1 – карналлитовая порода; 2 – сильвинит пестрый; 3 – сильвинит полосчатый; 4 – сильвинит красный; 5 – каменная соль; 6 – положение надвига

Весьма показательна формулировка задач, которые ставили перед собой авторы концепции в самом начале ее разработки: «Обосновать и выделить зоны региональных разрывных нарушений, пересекающие всю соляную толщу, включая ВЗТ» [25, с. 24]. Конечно же, наличие региональных надвигов было «успешно обосновано», поскольку в геологии «очень легко “увидеть” все что угодно, если глаза зрителя уже ослеплены предвкушением того, что ему хотелось бы увидеть» [108, с. 188].

О корректности критики

Верхнекамское месторождение солей, несмотря на кажущуюся простоту геологического строения вследствие четко выдержанной стратиграфии калийной залежи, является чрезвычайно сложным объектом для исследования, поскольку многие механизмы фор-

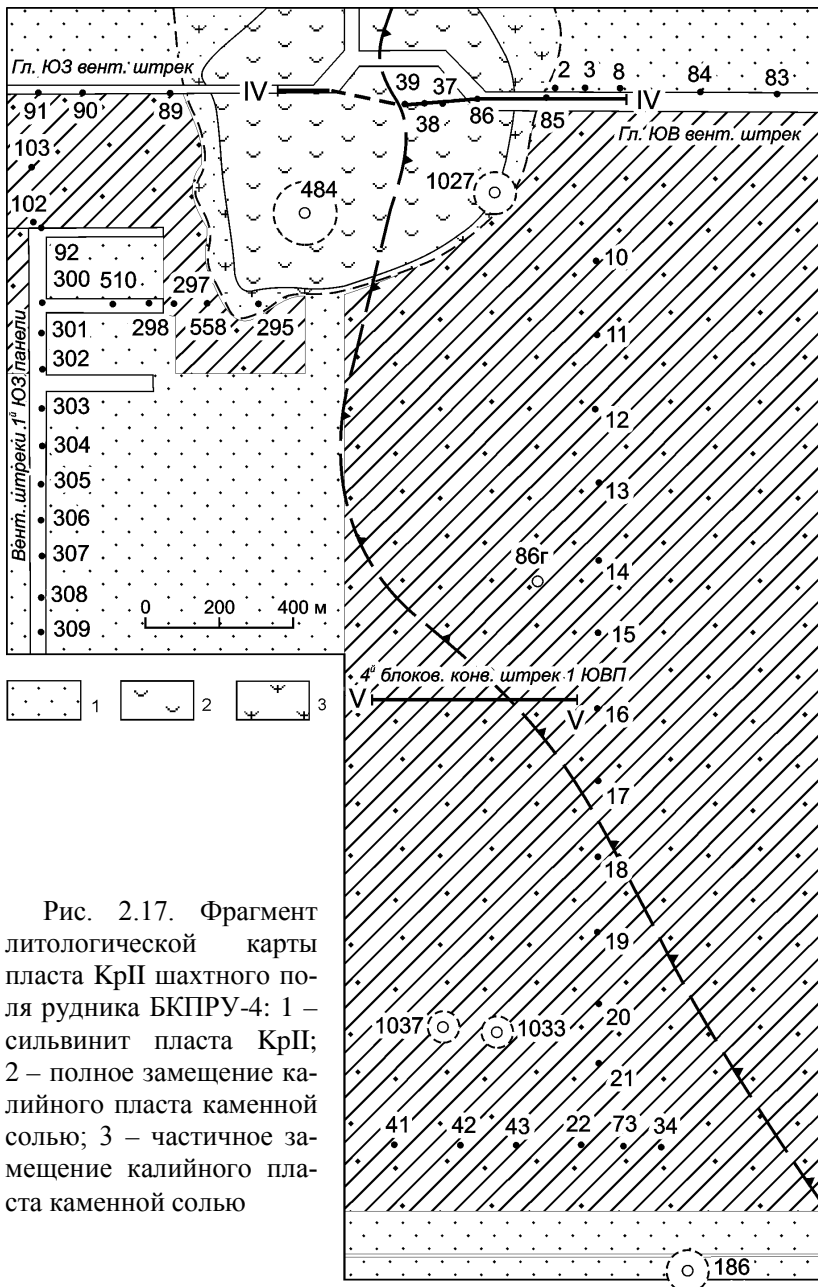


Рис. 2.17. Фрагмент литологической карты пласта КрII шахтного поля рудника БКПРУ-4: 1 – силвинит пласта КрII; 2 – полное замещение калийного пласта каменной солью; 3 – частичное замещение калийного пласта каменной солью

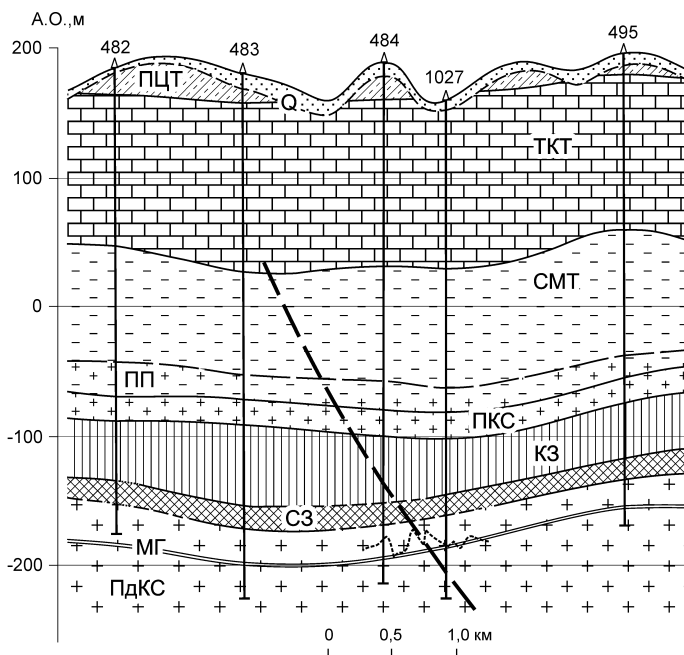


Рис. 2.18. Геологический разрез по линии скважин 482-495. Жирным штрихом показано положение Троицкого регионального надвига (по [85])

мирования его современного облика (особенно это касается эпигенетических процессов) остаются далеко не ясными или просто представляют собой «terra incognita». Это явилось причиной того, что фактические данные о геологическом строении месторождения исследователями интерпретируются по-разному. Различие точек зрения неизбежно ведет к дискуссиям, порой очень острым. Чаще всего, и это естественно, дискуссия продолжается в печати в форме критики. Все это вполне нормально, если критика является корректной, конструктивной и не направлена против личности оппонента. В связи с этим позволим себе сделать некоторое отступление в отношении дискуссии по поводу концепции «региональных надвигов».

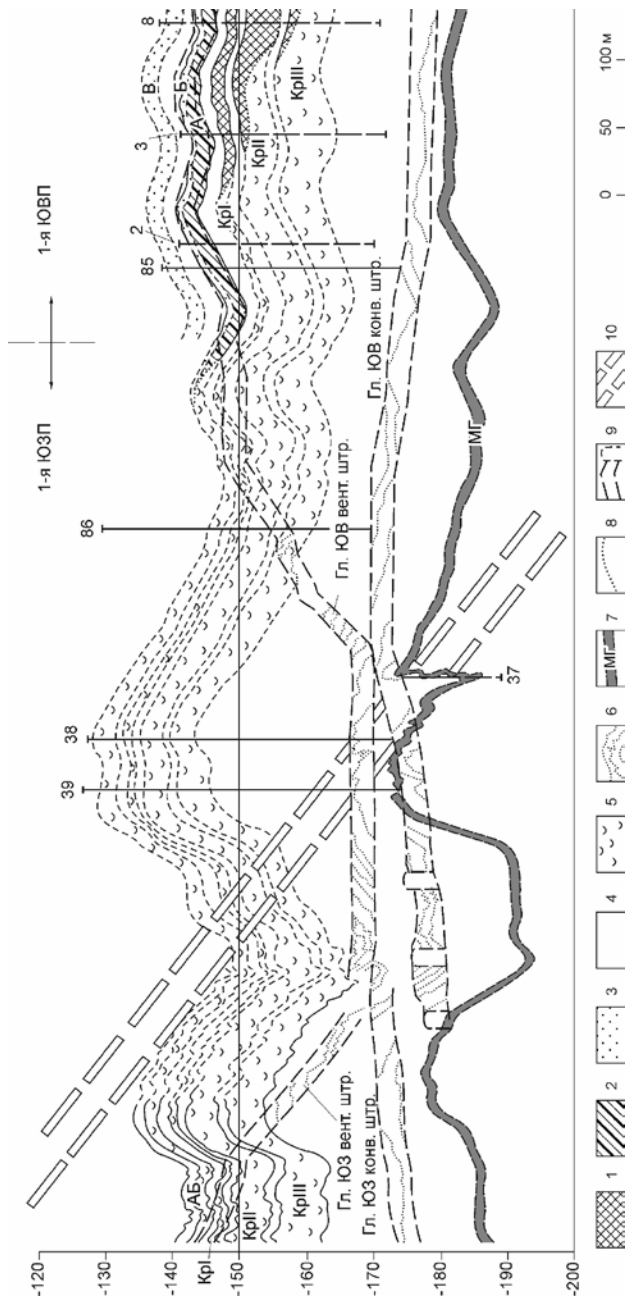


Рис. 2.19. Геологический разрез по линии IV-IV (см. рис. 2.17): 1 – сильвинит красный; 2 – сильвинит полосчатый; 3 – сильвинит пестрый; 4 – каменная соль нормальной садки; 5 – каменная соль замещения; 6 – глинистые и глинисто-ангидритовые прослойки в ПдКС (по данным документации горных выработок); 7 – маркирующий горизонт; 8 – внутрипластовые литологические границы; 9 – подземные горные выработки; 10 – положение Гроицкого надвига по [85]

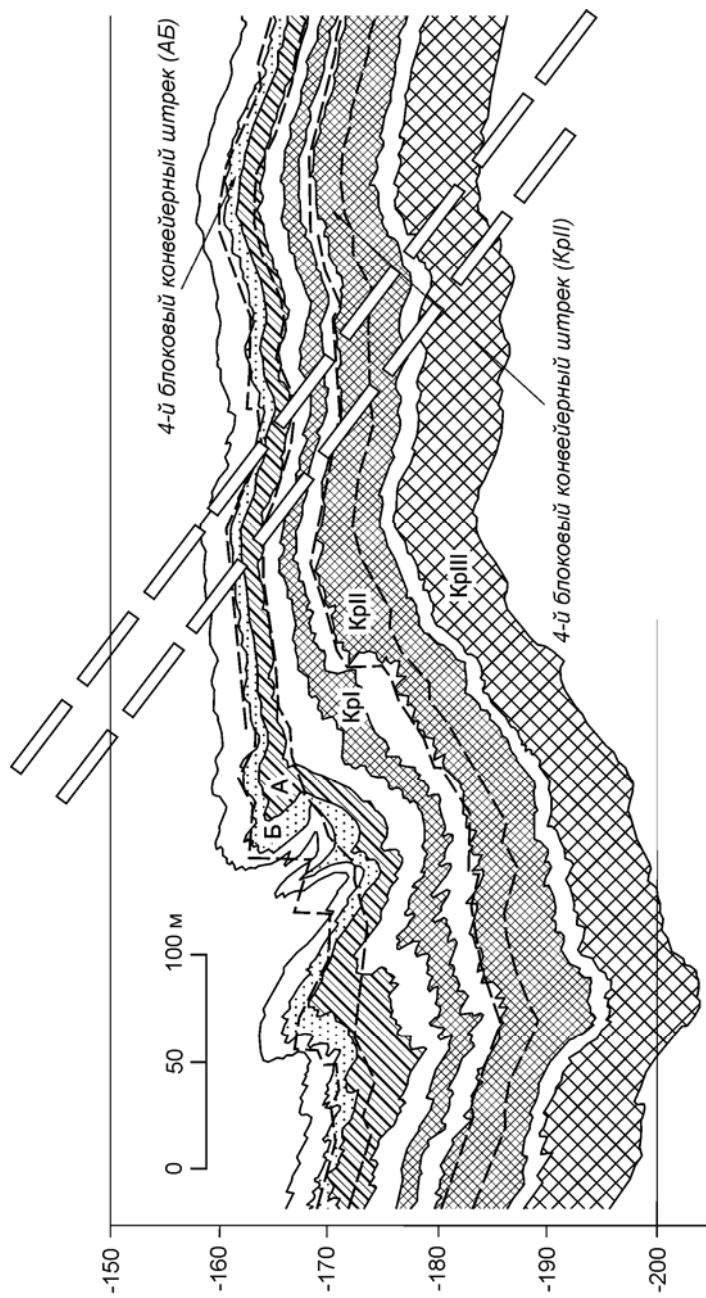


Рис. 2.20. Геологический разрез по линии V-V (условные обозн. см. на рис. 2.19)

Нами неоднократно отмечались слабые места гипотезы «региональных надвигов» и особенно детально в книге [55, с. 281-287]. К сожалению, Н.М. Джиноридзе в одной из последних работ, оставив в стороне результаты термодинамических и физико-химических расчетов, свидетельствующих о теоретической невозможности процессов «термодинамометаморфизма», сконцентрировал критику наших взглядов (точнее, А.И. Кудряшова) на других, часто второстепенных сторонах генезиса месторождения. Ответить на «все и вся» в письменном виде просто невозможно – критических замечаний довольно много, поэтому ниже рассмотрим только два «криминала», которые отмечены уважаемым оппонентом (Джиноридзе и др., 2002).

Так, в этой работе на стр. 56 написано: «Попытку примирить две концепции (мобилизм и фиксизм) можно найти в работе А.И. Кудряшова [48], который считает, что «... действие субгоризонтальных тектонических сил на соляную толщу было периодическим. Если время миграции растворов сквозь соляную толщу не совпадало с периодами активизации тектонической активности, то складки не образовывались» (с. 327), иначе говоря, складчатые структуры формировались благодаря миграции и внедрению растворов в соляную толщу».

В приведенной цитате из нашей работы (кстати, оппонент привел ее с ошибкой, пропустив слово «региональной») действительно есть недостаток, который заключается в неудачном выражении – «активизации региональной тектонической активности» (следовало бы написать «активизации региональных тектонических движений»). Что касается смысла, то из приведенной фразы, пусть даже усеченной, следует только одно – складки образовались именно под действием субгоризонтальных тектонических сил, а не «благодаря миграции и внедрению растворов в соляную толщу», как это понял уважаемый оппонент. Это станет еще более очевидно, если привести абзац полностью:

«Следует отметить еще один важный момент – если места интенсивной деформации солей с широким развитием дисгармоничной микроскладчатости (гофрировки) прослоев соляных пород всегда сопровождаются вторичными изменениями, то обратной закономерности не существует. На месторождении имеется множество участков со следами миграции растворов, но залегание пластов и слоев здесь очень спокойное. Это можно объяснить лишь тем, что действие субгоризонтальных тектонических сил на соляную толщу

было периодическим. Если время миграции растворов сквозь соляную толщу не совпадало с периодами активизации региональной тектонической активности, то складки не образовывались» [55, с. 326-327].

Теперь по поводу попытки примирения двух концепций (мобилизма и фиксизма), которое приписывается А.И. Кудряшову. Во-первых, в работе [55] вообще нет слов «мобилизм» и «фиксизм», поскольку она посвящена геологическому строению и некоторым вопросам генезиса одного конкретного месторождения без увязки с глобальной тектоникой. Поэтому кажется весьма сомнительным искать (видеть) в любой фразе, касающейся тектоники, отголоски борьбы (или примирения) парадигм. Во-вторых, даже если это и было так, то еще никто не доказал, что идеи мобилизма и фиксизма в принципе несовместимы. Более того, часть маститых тектонистов – сторонников мобилизма (например, С. Уеда [108]) не отрицают возможный крах мобилизма и появления еще более новой глобальной тектоники, основанной на идеях такого «ярого фиксизма», как В.В. Белоусов. Уместно привести совершенно свежие слова Ю.М. Пушаровского [96] о том, что «теория тектоники литосферных плит включает немало абстрактных моментов, далеких от реальных геологических соотношений» (с. 3). История показала, что многие элементы прежних «непримиримых» концепций (нептунизма – плутонизма, катастрофизма – эволюционизма и др.) составляют костяк современной геологической науки.

По поводу другого увиденного «криминала» Н.М. Джиноридзе на стр. 56 пишет: «В результате внедрения растворов образуются «инъективные тела». К ним отнесены в Дуринском «прогибе» сильвиниты, залегающие ниже МГ (скважины 689, 655), которые формировались «...при длительной миграции растворов, насыщенных по NaCl и KCl, по отслоениям и согласным трещинам гидроразрыва» (с. 315), т.е., эти сильвиниты (подчеркнуто нами – А.И. Кудряшов) находятся во вторичном залегании. В другом месте работы [48] эти сильвиниты (подчеркнуто нами – А.И. Кудряшов) отнесены к седиментационным образованиям: «...садка калийных солей в солеродном бассейне началась непосредственно перед отложением пород пласта МГ» (с. 262). Взаимоисключаемость этих двух взглядов на одно явление очевидна».

Поскольку оппонент, критикуя, приводит обрывки фраз из текста оригинала и вместо прямых авторских высказываний приводит свои

умозаключения, другая сторона вынуждена раскрыть обсуждаемые вопросы если не полностью, то, во всяком случае, так, чтобы читателю было понятно, о чем идет речь. В частности, на с. 165 оригинала [55] написано: «*Одно из самых необычных явлений, встречающихся в пределах Дуринской площади, – наличие калийной минерализации в разрезе за пределами калийной залежи. <…> В ПП, вскрытой скв. 266, встречено три пласта пестрого сильвинита мощностью от 1,2 до 2,6 м. <…> Сквжиной 272 установлено присутствие тонкого (0,35 м) слоя пестрого сильвинита внутри мергеля в 11,6 м ниже кровли ПП. <…> Не менее уникальны и случаи обнаружения калие-проявлений в ПдКС ниже пласта МГ. Так, например, сквжиной 689 на 77 м ниже подошвы пласта КрIII^в вскрыт пласт пестрого сильвинита мощностью 2 м. В 42 м ниже этого пласта обнаружен еще один пласт пестрого сильвинита мощностью 1,1 м.*».

В приведенной выдержке речь идет, как правильно заметил оппонент, о вторичном залегании пластов *пестрого сильвинита* в самых необычных частях разреза Дуринской площади ВКМС. Нетрудно понять и то, что обсуждаемые пласты *пестрого сильвинита*, обнаруженные в ПдКС, расположены значительно ниже пласта МГ. В частности пласт *пестрого сильвинита* мощностью 1,1 м, вскрытый сквжиной 689, расположен примерно на 100 м ниже обычного положения пласта МГ.

Необходимо привести еще одну выдержку из оригинала: «*В пределах двух небольших участков южной части месторождения в кровле рассматриваемой (средней) пачки ПдКС пятью солеразведочными сквжинами (403, 404, 424, 983, 987) вскрыт пласт красного сильвинита, названный пластом КрIV, характеристики которого приведены в табл. 1.4*» (с. 28). А в табл. 1.4 отмечено, что этот пласт *красного сильвинита* (первичноседиментационная разность сильвинита) расположен ниже пласта МГ не более чем на 1,45 м, т.е. непосредственно под пластом МГ.

Таким образом, в разных местах оригинала [55] рассматриваются разные сильвиниты, залегающие на разной площади, имеющие разное положение в разрезе и разный генезис. Не хочется думать, что уважаемый оппонент отождествил столь разные сильвиниты намеренно и, тем более, по причине неумения их различить. Вероятно, это произошло из-за невнимательного чтения нашей книги. А вот это уже определяет ценность самой критики.

3. ОЦЕНКА ДОСТОВЕРНОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ ОДИНОЧНЫХ РАЗЛОМОВ

3.1. Термины и определения

Более 350 лет назад великий французский философ и естествоиспытатель Рене Декарт сказал: «Определяйте значения слов, и вы избавите свет от половины его заблуждений». Этот афоризм остается актуальным и в настоящее время, особенно для геологии. Учитывая общую направленность работы, в настоящем разделе мы приводим термины и определения, относящиеся, главным образом, к разрывной тектонике, в которой основным термином является «разрыв», а его синонимами – «разрывное нарушение», «тектонический разрыв», «разрывная дислокация», «разрывная деформация», «дизъюнктив», «дизъюнктивное нарушение», «дизъюнктивная дислокация» [99, 103 и др.].

К сожалению, в отношении разрывных структур в отечественной справочной и научной литературе по тектонике имеет место терминологическая неразбериха. Достаточно отметить, что в «Геологическом словаре» [26] термин «разрыв (разрывное нарушение)» определяется как «общее название многих видов тектонических нарушений, сопровождаемых перемещением разорванных частей геологических тел друг относительно друга» (с. 168). Но на 324-й странице этого же издания написано: «Трещины – разрывы в горных породах, перемещения по которым либо совершенно отсутствуют, либо имеют незначительную величину». А в «Международном тектоническом словаре» [66] и «Справочнике по тектонической терминологии» [103] отмечено, что термины «разрыв» и «разлом» являются синонимами.

Таким образом, сейчас в тектонике нет общепринятой терминологии и классификации разрывных нарушений. Дискуссия по этому поводу характерна и для зарубежной литературы [42]. В связи с этим приведем термины, употребляемые в настоящей работе, и вкладываемое в них содержание. Выбор терминов основан на ана-

лизе справочной, учебной и научной литературы по тектонике, с учетом сложившегося языка, употребляемого при характеристике разрывных нарушений Соликамской впадины и, в частности, ВКМС.

Если не брать во внимание «Геологический словарь» [26], то большинство исследователей дают довольно близкие определения термина «разрыв». В качестве примера приведем некоторые из них. Разрыв – это:

- структура, характеризующаяся нарушением сплошности пород, разделяющей их поверхностью разрыва [99];
- поверхность, вдоль которой материал утратил связность [66];
- любое разрушение породы [49].

Разрывы по наличию или отсутствию смещения вдоль их поверхности обычно делятся на две большие группы: разрывы без видимого смещения (диаклазы) и разрывы со смещением (параклазы) [83, 99, 103]. Разрывы без видимого смещения называются трещинами [1, 2, 6, 7, 19, 77, 83, 103, 109 и др.], а разрывы со смещением – разломами [42, 77, 103, 109 и др.], разрывными нарушениями [99], сколовыми трещинами [19] или просто разрывами со смещением [7]. Из изложенного ясно, что по разным причинам большинство из этих терминов не совсем удачно. Но наиболее подходящим из них, по нашему мнению, является термин «разлом», хотя предложенные в литературе его немногочисленные определения довольно противоречивы. Приведем все известные авторам определения этого термина. Разлом – это:

- отдельный разрыв или зона разрушений в земной коре, вдоль которых, т.е. параллельно разрывам, происходит заметное смещение пород [42];
- крупная дизъюнктивная дислокация земной коры, распространяющаяся на большую глубину и имеющая значительную длину и ширину. Разломы обычно происходят между разнородными тектоническими структурами и развиваются длительное время, в течение которого подвижки то усиливаются, то ослабевают [17];
- крупное разрывное нарушение большой протяженности и ширины, прослеживаемое на большую глубину [103];
- наиболее крупный тектонический разрыв [32];
- нарушение сплошности горных пород в результате движений земной коры [15].

Существует четкая геометрическая (морфологическая) классификация разломов, среди которых выделяют сбросы, взбросы, сдвиги, раздвиги, надвиги и шарьяжи [75]. Классификации разломов по масштабам (размерам) практически не существует. Более или менее четко определены только самые крупные из них, которые называются глубинными. Глубинные разломы – это разломы, обладающие большой протяженностью (до нескольких тысяч километров), шириной (до 20 км), значительной глубиной заложения (смещение поверхностей Конрада и Мохоровичича) и длительностью развития (до 600 млн. лет и более).

Что касается разломов меньших масштабов, то как в опубликованной, так и фондовой литературе имеет место полная неопределенность. Например, при описании разрывной тектоники Соликамской впадины (в т.ч. ВКМС) структуры этого масштаба имеют несколько названий: «тектоническое нарушение» (Кассин, 1985; Нояксова и др., 1990), «зона тектонического нарушения» (Нояксова и др., 1990), «разрывное нарушение» (Беляев и др., 1989; Денисов, 1980; Нояксова и др., 1990), «разлом» (Аверьянов и др., 1992; Валева и др., 1976; Кассин, 1985), «зона разлома» (Беляев и др., 1989). Нередко структуры этого масштаба называются по их морфологическому типу (сдвиг, сброс, надвиг) [22, 85] и (Харитонов и др., 1992).

Интересная идея классификации разломов по масштабу высказана И.А. Мушиным с соавторами [76]. Они дифференцируют разломы по рангам формационных (литолого-формационных? – *авт.*) объектов, которые они пересекают (табл. 3.1).

Ниже рассматриваются в основном те разломы (или их части), которые расположены в интервале разреза месторождения (от поверхности земли до кровли филипповского горизонта). В главе 1 показано, что этот интервал разреза сложен комплексом формаций, включающим галогенную формацию. Следовательно, исходя из предложенного И.А. Мушиным с соавторами ранжирования, в диапазон наших исследований должны входить разломы всех рангов, что весьма неудобно. С учетом всех обстоятельств нами предлагается ограничить сверху масштаб рассматриваемых разломов рангом «разлом».

Соотношение рангов формационных объектов (ФО)
и дизъюнктивных дислокаций (ДД) (по [76])

Ранг ФО	Ранг ДД
Формационная система	Глубинный разлом (линеament)
Формационный комплекс	Глубинный разлом, макроразлом
Формация	Разлом
Субформация	Разлом, мезоразлом
Крупная породная ассоциация	Мезоразлом, микроразлом
Мелкая породная ассоциация	Микроразлом, микротрещина

Ввиду отсутствия разработанных критериев ранжирования разломов по их горизонтальному проложению ограничим рассматриваемые разломы снизу, приняв их длину равной 10 км. Этот предел обусловлен практической направленностью проведенных исследований (длина разлома должна быть больше шахтного поля средних размеров). Кроме того, предложенные И.А. Мушиным с соавторами названия двух последних рангов дизъюнктивных дислокаций («мезоразлом», «микроразлом») непривычны и не будут, вероятно, восприняты и читателем.

Таким образом, под термином *«разлом»* в настоящей работе понимается *протяженный (более 10 км), обычно прямолинейный в плане субвертикальный разрыв пород со смещением, неопределенного времени заложения, проявляющийся в географических, геологических и геофизических полях ВКМС.*

На схемах и картах, имеющихся в книге, показаны оси разломов, так как обычно ширина их в плане остается неизвестной. Серия двух и более близкорасположенных субпараллельных разломов показывается в виде *зоны разломов*, имеющих собственное название.

3.2. Признаки разломов

Геологические признаки

Геологические признаки выделения разломов хорошо известны, поэтому ограничимся лишь их кратким освещением. Среди них

различают прямые и косвенные. Особенностью первых является то, что их наличие почти не оставляет места для сомнений о существовании разлома, а при наличии косвенных признаков выделенные разломы считаются предполагаемыми (вероятными).

Известно несколько основных прямых признаков разломов [1, 6, 19, 24, 59, 60, 69, 74, 75, 83, 84, 88, 91, 99 и др.]:

- непосредственное наблюдение в обнажении или стенке горной выработки поверхности, по которой произошло смещение блоков пород;

- удвоение разреза (рис. 3.1а) или выпадение (зияние) какого-либо маркирующего горизонта;

- наличие тектонической брекчии (рис. 3.1б), милонитов, глинки трения;

- зеркала скольжения, штрихи, царапины, борозды и рубцы на поверхностях обломков горных пород;

- будинаж, если известно, что он не связан со складчатостью;

- изменение простирания складок и мелких разрывов;

- флексуры, особенно расположенные поперек или косо по отношению к основному простиранию складок;

- резкое изменение интенсивности складчатости, сланцеватости, кливажа и динамометаморфизма;

- трещины и связанная с ними вторичная гипогенная минерализация.

Косвенными признаками разрывных нарушений являются:

- резкое исчезновение горизонтов и пачек пород при их прослеживании в ходе геологического картирования;

- смещение слоев вдоль сместителя – соприкосновение пород, различающихся по составу и (или) возрасту по прямой или извилистой линии;

- усиление трещиноватости по сравнению с обычной, характерной для данных пород территории;

- брекчии, залегающие согласно слоистости пород. Природа таких образований (тектонические или осадочные брекчии), по возможности, должна быть выяснена;

- мелкая складчатость;

- раздувы и пережимы отдельных пластов, рассланцевание, осветление, развальцевание пород.

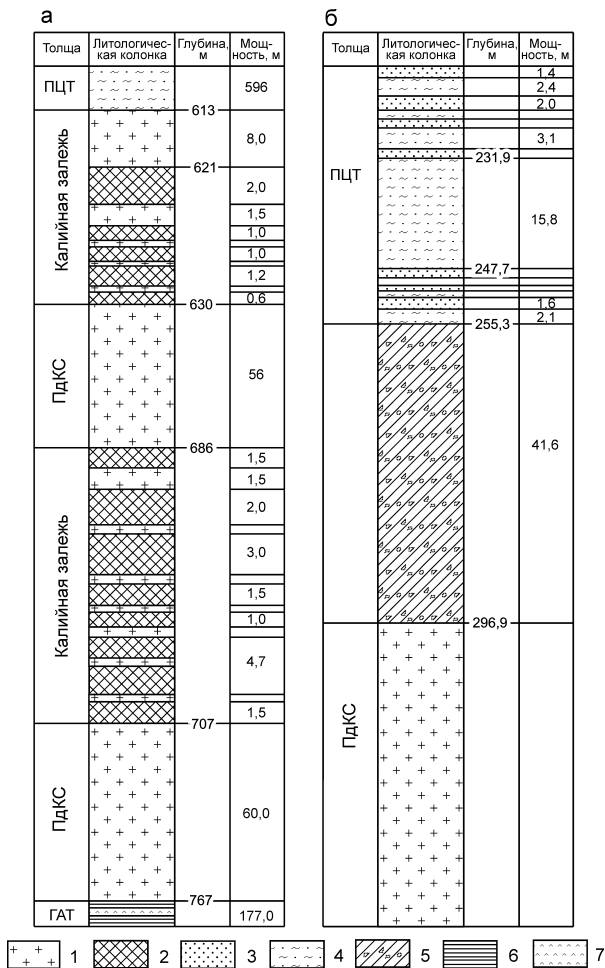


Рис. 3.1. Примеры прямых признаков разрывных нарушений на ВКМС: удвоение разреза, вскрытого скв. 32н (а) и тектоническая брекчия, вскрытая скв. 551 (б): 1 – каменная соль; 2 – сильвинит; 3 – песчаник; 4 – алевролит; 5 – тектоническая брекчия; 6 – глина; 7 – ангидрит

Кроме того, в зависимости от специфики регионов, как правило, имеются и другие косвенные признаки разломов. Установлено ((Кудряшов, 1976, 1993) и [55]), что в условиях ВКМС таковыми являются:

- узкие «коридоры» отсутствия продуктивных пластов в пределах общего контура развития калийной залежи (рис. 3.2а);
- цепочки зон замещений каменной солью и локальных участков сильвинитизации карналлитовых пластов;
- четко выраженная параллельность границ литологических разностей продуктивных пластов калийной залежи и оси разлома (рис. 3.2б);
- коленообразные изгибы и «заливы» контуров продуктивных пластов калийной залежи в плане (рис. 3.2в);
- нефтепроявления в солях;
- признаки, в основе которых лежат генетические соображения (они отмечаются в конкретных местах текста).

Следует отметить, что все случаи прямых и многих косвенных геологических признаков разломов на территории ВКМС обнаружены скважинами, расположенными на Дуринской и Боровицкой площадях, а также в зоне Красноуфимского разлома, т.е. там, где наличие крупных разрывных нарушений наиболее вероятно.

Гидрогеологические признаки

Для выявления связи между разломами и гидрогеологией первых от поверхности водоносных горизонтов использовались следующие гидрогеологические показатели: дебит родников, дебит и удельный дебит скважин, модуль подземного стока, водообильные зоны, наличие месторождений подземных вод и действующих водозаборов.

При повсеместном распространении пресных подземных вод в верхних водоносных горизонтах, трещиноватые зоны с высокой проницаемостью пород (как признаки разломов) устанавливаются по высоким дебитам родников, скважин, удельным водопритокам подземных вод в речные долины. За аномально высокие значения указанных показателей принимаются значения, превышающие в 3-5 раз местные фоновые с учетом литологического состава водовмещающих пород. Местным фоном являются дебиты водопритоков, находящиеся от линии разрывного нарушения на расстоянии более 1,0 км.

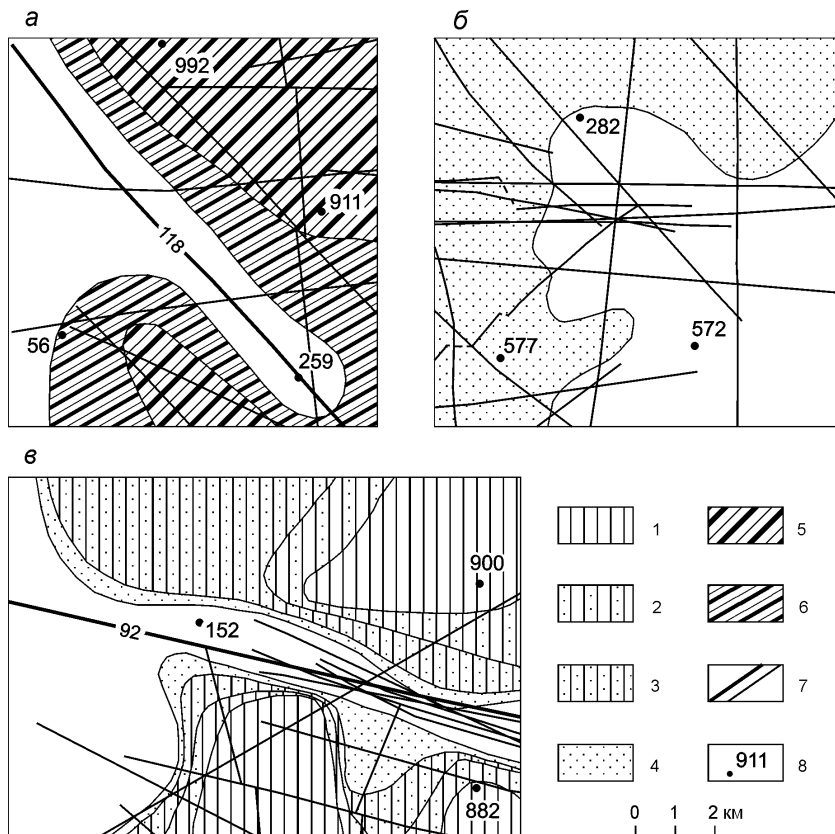


Рис. 3.2. Примеры проявления разломов в литологии продуктивных пластов калийной залежи ВКМС: пласт А (а), пласт В (б), пласт Г (в): 1 – карналлитовые породы; смешанные соли: 2 – существенно карналлитовые; 3 – существенно сильвинитовые; 4 – пестрые сильвиниты; полосчатые сильвиниты: 5 – богатые; 6 – бедные; 7 – разломы; 8 – солеразведочные скважины и их номера

Для установления аномальных по дебиту гидрогеологических точек строилась карта дебитов родников, скважин, измеренных расходов рек, на которую наносятся линии разрывных нарушений. Разрывные нарушения принимаются подтвержденными гидрогеологическими методами, если они пересекают не менее трех участков с аномально высокой водообильностью пород, установленных

по комплексу упомянутых показателей (группа крупных родников, скважины, повышенный удельный водоприток в русло реки) или по отдельным из них.

Использование этих показателей проведено с учетом особенностей гидрогеологии ВКМС, наличия накопленного фактического материала по подземным водам, площадного характера работ и опыта структурно-гидрогеологических исследований в Пермском Предуралье [18, 43, 44, 62, 63 и др.]. Пример проявления разломов в гидрогеологии надсолевой толщи ВКМС приведен на рис. 3.3.

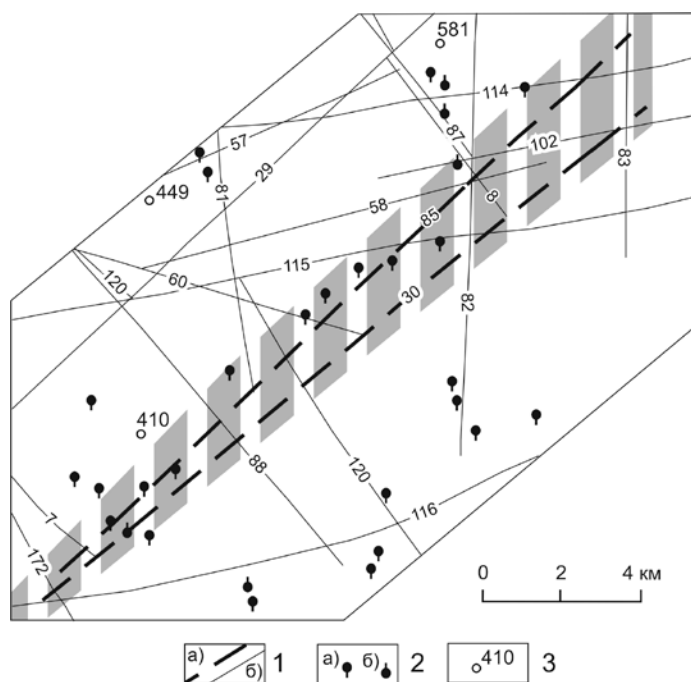


Рис. 3.3. Пример проявления разломов в гидрогеологии надсолевой толщи ВКМС: 1 – разломы, вошедшие в состав Палашерской зоны (а) и прочие (б); 2 – родники: нисходящие (а) и восходящие (б); 3 – солеразведочные скважины и их номера

Проявление разломов в магнитном поле

Для выделения разломов в магнитном поле Земли существуют общие критерии, главными из них являются принципы межблокового положения, протяженности и гетерогенности [16, 64, 107 и др.].

Принцип межблокового положения. Установление факта существования резких границ между участками коры различного геологического строения считается убедительным доказательством ее блокового строения. При интерпретации магнитных аномалий, указывающих на межблоковое положение зоны, определяют резкую смену характера магнитного поля, доминирующее направление аномалий и наличие узких протяженных интенсивных аномальных зон. Первые два признака свидетельствуют о значительных изменениях состава или структуры крупных блоков, скачкообразно меняющихся на их границе. Третий признак указывает на наличие крупных внедрений или изменений состава пород в узких глубоких зонах коры.

Принцип протяженности является одним из основных в ряду косвенных критериев опознавания разлома по магнитным аномалиям. Положение зон разломов, устанавливаемых по аномалиям магнитного поля, соответствует положению их проекций на горизонтальную (земную) поверхность для вертикальных и крутопадающих зон. Несоответствия между положением геологических и магнитных трасс одних и тех же глубинных разломов возможны в случаях, когда зоны разломов выражены в верхних частях разреза наклонными разрывными нарушениями. С уменьшением наклона нарушений и увеличением горизонтальной амплитуды смещений по ним возрастает и расхождение в изображении положения трасс разлома.

Принцип гетерогенности чаще всего используется совместно с критерием протяженности. Разлом на разных своих участках может развиваться в различных геологических условиях, поэтому меняются и геофизические характеристики по простиранию, образуя единую, хорошо коррелируемую по направлению протяженную зону. Отдельная фрагментарность разломов является общеизвестным фактом, она связана с многоактностью тектонической активизации. Геологические характеристики фрагментов разломов и их проявление в физических полях в пределах разных блоков будут различать-

ся. Эти различия обусловлены неодинаковой предысторией формирования блоков. Некоторые фрагменты могут вообще не проявляться в геологическом строении. В этих условиях основным критерием, объединяющим разнородные фрагменты разлома, будет выдержанность направления его осевой линии.

С целью выделения тектонических нарушений при интерпретации магнитных аномалий К.Ф. Тяпкин и В.Н. Гонтаренко [107] рекомендуют использовать три обобщенные группы индикаторов:

- линейные ступени в магнитном поле, соответствующие линейным тектоническим или стратиграфическим контактам пород с разными физическими свойствами;

- локальные линейные магнитные аномалии обоих знаков, обусловленные линейными геологическими объектами, представленными в пределах разломных структур новообразованиями типа магматитов;

- линейные нарушения регулярного поведения магнитного поля или линейные границы областей с разным рисунком изолиний поля, обусловленные различного рода контактами соприкасающихся геологических образований.

Проявление разломов в гравитационном поле

В гравиразведке при выделении разломов используются те же критерии, что и в магниторазведке (принципы межблокового положения, протяженности и гетерогенности). На основе конкретных данных (карт изоаномал в редукции Буге и карт градиентов) разломы выделяются по ряду общепринятых признаков, основными из которых являются [58, 69, 106, 122 и др.]:

- зоны высоких и повышенных значений градиентов силы тяжести, преимущественно линейного характера – «гравитационные ступени»; в поле высших производных потенциала силы тяжести развиты линейные максимумы и минимумы, линейные зоны смены знака поля;

- цепочки различной интенсивности максимумов и минимумов силы тяжести (обычно остаточных аномалий), которые часто обусловлены дайковым комплексом пород, хотя могут иметь и другую природу;

- аномалии линейного характера, отличающиеся по интенсивности и часто по знаку от сопряженных аномалий, а также по «де-

формации» (резкому перегибу) рядом расположенных изоаномал силы тяжести;

- участки ступеней и разрежений изоаномал силы тяжести, характерных изгибов и пережимов.

3.3. Комплексная оценка достоверности выделения одиночных разломов

Выделение разломов и оценка достоверности этого выделения по геофизическим данным – старая и очень сложная проблема. Ее сложность определяется многими факторами, основные из которых можно объединить в две группы – объективные и субъективные. Объективные факторы могут быть как универсальные, так и частные, относящиеся к конкретной территории. Отметим главные из них.

Общее свойство геофизических полей. Общеизвестно, что для всех геофизических методов свойственна неоднозначность решения обратных задач, т.е. геологического истолкования геофизических аномалий. Например, существуют эквивалентные распределения масс в недрах Земли (т.е. относительные расположения различных геологических тел), создающие один и тот же гравитационный эффект. А в условиях платформы значительная часть разрывных нарушений, выявленных детальной аэромагнитной съемкой, не подтверждается другими методами [69].

Парадоксальность ситуации. По мнению многих известных геофизиков (например, [76 и др.]), решающим критерием достоверности системы разломов, выявленной геофизическими методами, является ее согласованность с общей концепцией геологической модели месторождения или конкретной территории. Но как быть в нашем случае, когда общая геологическая модель ВКМС еще не создана и именно на основе результатов геофизических исследований геологи пытаются выяснить общую картину разрывной тектоники месторождения?

Особенности геологического строения территории. Выделение разрывных нарушений в гравитационном и магнитном полях ВКМС осложняется как проявлением соляной тектоники, так и сильной латеральной изменчивостью мощности шешминских пестроцветов, характеризующихся большой плотностью и сильной намагниченностью. Так, в работе (Костицин и др., 2001) показано, что

при включении разлома фундамента в геоплотностную модель по профилю, проходящему через Бельскую и Жилинскую структуры, гравитационная ступень, обусловленная этим разломом, практически не выделяется в суммарном поле независимо от амплитуды этого нарушения.

Отсутствие специальных полевых исследований, направленных на изучение (вскрытие) конкретных разрывных нарушений, выделенных геофизическими методами. В пределах ВКМС не имеется ни одного случая заверки горными работами (траншеями, канавами, шурфами и т.п.) разломов, выделенных геофизическими методами. Отсюда – отсутствие опыта при выделении разломов по геофизическим данным.

Субъективный фактор, причиной которого является отсутствие четких методик, проявляется в том, что результаты повторной геологической интерпретации геофизических полей очень часто не совпадают с предыдущими. И совсем не случайно, что в практике крупным разрывным нарушениям нередко присваиваются фамилии их авторов. Несовершенство методик интерпретации геофизических данных привело к тому, что выявление элементов геологического строения месторождения или какого-либо участка земной коры есть творческий процесс, результат которого зависит от уровня профессионализма интерпретатора, его общей эрудиции, опыта работы в регионе и психологии. Без преувеличения можно сказать, что геологическое истолкование результатов геофизических исследований сродни искусству.

Влияние психологии на результаты интерпретации проявляется еще и в том, что исследователь невольно «натягивает» геофизические данные на данные, полученные при бурении скважин, или на геологическую идею. Ярким примером последнего является случай, когда в одном и том же волновом поле (временном разрезе), полученном методом малоглубинной сейсморазведки, одни исследователи «уверенно фиксируют» надвиги и листрические сбросы [85], а другие (например, автор этого метода и построенного временного разреза – И.А. Санфирова) их не видят.

Из всего сказанного следует, что в настоящее время все геологические построения, основанные на геофизических данных, требуют двойной проверки. Одна из них – повторный анализ геофизического поля, по структуре которого выявлен тот или иной геоло-

гический элемент (в нашем случае – разлом); другая, исходя из принципа взаимной дополнителности, – оценка проявления этого элемента в комплексе полей (причем не только геофизических). Добавим, что повторный анализ геофизического поля, т.е. переинтерпретацию геофизических данных, не следует понимать как недоверие к тому или иному исследователю (личности). Просто это объективная необходимость.

Из предыдущего ясно, что любой геофизический метод в отдельности не может претендовать на достоверное установление разломов (кстати, это относится также к дистанционным, морфометрическим и даже к геологическим методам). При комплексном применении методов достоверность существования разломов возрастает.

В целях разбраковки одиночных разломов, выделенных предшественниками, проведен анализ их проявления в нескольких геолого-геофизических полях. В гл. 2 показано, что площадь наших исследований покрыта съемкой многими методами. Проверить в одной работе проявление всех 108 одиночных разломов во всех этих полях не представляется возможным, особенно это касается сейсморазведки, морфометрических и дистанционных методов. Вследствие неполного исследования электрометрией интересующей нас части ВКМС (см. рис. 2.5), разнотипных применяемых методов и частичной утраты результатов этих исследований, проявление разломов в электрическом поле не оценивалось. Таким образом, достоверность разломов, выделенных предшественниками в пределах изученной площади, определялась путем оценки их проявления в гравитационном и магнитном полях, гидрогеологии надсолевого комплекса и геологическом строении ВКМС. Для повышения надежности интерпретации, устойчивости решения и ослабления ряда помех проводился комплексный анализ гравитационных и магнитных полей. Он базировался на использовании численного отношения (адмитанса) нормированных аномалий силы тяжести к аномалиям магнитного поля.

Основным материалом при анализе проявлений одиночных разломов в поле силы тяжести послужили результаты гравиметрической съемки (карты масштаба 1:25 000), проведенной под руководством Л.Д. Нояксовой (Нояксова и др., 1990). Дополнительно были использованы результаты гравиметрических исследований на Шершневской площади (Новоселицкий и др., 2001).

Анализ проявления одиночных разломов в структуре магнитного поля Земли осуществлен с использованием карт масштабов 1:50 000 и 1:100 000 (Халымбаджа, 1989). Дополнительным материалом служили карты более мелких масштабов (1:200 000 и 1:500 000), полученные в 50-х годах (Гафаров, 1956; Коноплин, Рейтборд, 1959).

При оценке проявления разломов в геологическом строении ВКМС основной фактической базой явились откорректированные карты литологического состава продуктивных пластов калийной залежи, составленные в ГИ УрО РАН (Кудряшов, 1993). Кроме того, использовались результаты бурения солеразведочных (поисковых и разведочных), гидрогеологических и нефтяных скважин, заимствованных из многочисленных отчетов Соликамской ГРП, УПБГРР ОАО «Уралкалий» и ОАО «ПермНИПИнефть».

При анализе проявления одиночных разломов в гидрогеологии ВКМС использовались карты государственной гидрогеологической съемки различных масштабов (Иконников, 1985; Мелехов и др., 1975; Мошковский, 1968; Поповцев и др., 1968; и др.), на которых, как известно, имеются данные по родникам, скважинам, гидрометрическим створам, зонам интенсивной разгрузки подземных вод (водообильных зон), результаты гидрохимического опробования. В частности, на площади проведенных исследований зафиксировано 350 водопунктов (родников – 200, скважин – 150), 20 гидрометрических створов и 45 водообильных зон. Кроме того, привлекались данные из других источников – фондовых (Иконников, 1990, 1995) и опубликованных [88, 89].

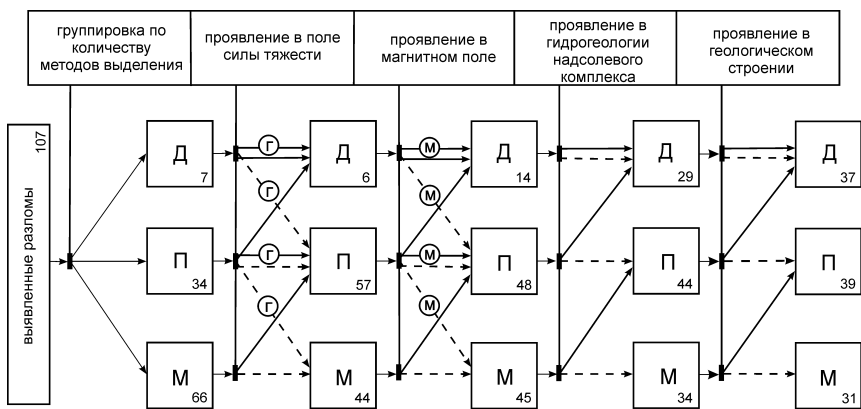
Анализ проявления каждого из 108 одиночных разломов в геолого-геофизических полях ВКМС – второй важный и очень трудоемкий этап выполненных работ, результаты которых приведены в приложении 4.

Следующий, методически весьма сложный вопрос, – оценка достоверности выделения (существования) того или иного разлома. Обычно достоверными разломами считаются те, которые подтверждаются несколькими независимыми методами или несколькими признаками их идентификации [69]. Но, к сожалению, в литературе отсутствуют сведения о минимально необходимом количестве этих независимых методов.

Ввиду отсутствия научного подхода к решению этого вопроса, с учетом прикладного характера исследований и фактов отработки участков ВКМС без каких-либо осложнений, в пределах которых

ранее были выделены разломы двумя независимыми методами, предлагается принять самый жесткий вариант: те разломы, которые выделены тремя независимыми методами (или проявляются в трех геолого-геофизических полях), считать достоверными (Д); двумя методами (в двух полях) – предполагаемыми (П) и одним методом (в одном поле) – маловероятными (М).

Группировка разломов по количеству методов, с помощью которых они были выявлены, явилась первым шагом процедуры оценки достоверности всех 108 одиночных разломов ВКМС. Дальнейшая процедура оценки на основе данных, помещенных в приложении 4, показана на рис. 3.4.



1 Рис. 3.4. Шаги оценки степени достоверности одиночных разломов, выделенных предшественниками: 1 – перенос разлома при его подтверждении (а) и неподтверждении (б); 2 – разлом, выявленный гравиметрическими (а) и магнитометрическими (б) методами

После оценки достоверности одиночных разломов осуществлено их разделение по интервалам разреза, в которых они проявляются. Для практики самыми важными (значимыми) являются разломы, проявившиеся в разрезе ВКМС, т.е. от подошвы ГАТ до дневной поверхности. Разломы, проявившиеся ниже разреза ВКМС, в том числе в фундаменте, пока представляют лишь генетический интерес.

4. РАЗРЫВНЫЕ СТРУКТУРЫ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

4.1. Общая схема разломов

Результаты комплексного анализа проявления разломов, выделенных предшественниками в геолого-геофизических полях, позволили составить общую схему разломов центральной и южной частей ВКМС в интервале его разреза (рис. 4.1). Интересно отметить, что практически все важнейшие события последних лет (аварии на рудниках, эпицентры землетрясений с магнитудой 2,5 и более), сейсмоопасные зоны с плотностью выделения сейсмической энергии в течение одного года не менее чем $20 \text{ Дж}/100 \text{ м}^2$ (Маловичко и др., 1999, 2000, 2001а, 2001б) и места отбора проб воды с аномально высоким содержанием гелия (Башорин и др., 1974) расположены в зонах разломов.

По масштабам, степени проявления в геолого-геофизических полях и глубине заложения разломы ВКМС разделены на шесть групп (шесть условных уровней):

- первая группа представлена Красноуфимским разломом, разделяющим ПКП от ВЕП;
- вторая группа включает разломы двух мощных субширотных структур (зоны Боровицкого и Дуринского разломов);
- третья – разломы шести локальных зон разломов (Рубцовская, Володинская, Зырянская, Балахонцевская, Сибирская, Палашерская);
- четвертая – одиночные подтвердившиеся разломы, охватывающие разрез ВКМС;
- пятая группа включает одиночные предполагаемые разломы ниже разреза ВКМС;
- шестая – не подтвердившиеся (маловероятные) одиночные разломы во всем интервале разреза.

Оставляя в стороне зону Красноуфимского разлома (единственного представителя первой группы), дадим краткую характеристику остальных групп разломов.

Вторая группа разрывных нарушений

(зоны Боровицкого и Дуринского разломов)

Зона Боровицкого разлома включает 13 одиночных разломов, значительная часть которых расположена в районе субширотного участка отсутствия калийной залежи (рис. 4.2). По данным предшественников (см. прил. 1), среди них имеются разломы фундамента (№№ 11, 92), разрывные нарушения осадочного чехла (№№ 32, 160), левый сдвиг (№ 146) и сброс (№ 166). Вероятнее всего, все шесть отмеченных крупных разрывных нарушений, выделенных различными методами и разными исследователями, представляют собой один крупный разлом, захватывающий интервал разреза месторождения. Определить точно все его характеристики в настоящее время не представляется возможным (это и не входило в задачи исследований). Но, вероятно, именно этот разлом сыграл основную роль в разрушении соляной толщи и, в частности, в уничтожении (выщелачивании) калийной залежи [55].

Зона Дуринского разлома включает 17 одиночных разломов (рис. 4.3), выделенных как по данным геофизики, так и в результате геологических исследований, в основном геологосъемочных работ. Большинство разломов этой зоны образуют два субпараллельных пучка (северный и южный), отражающих, очевидно, северную и южную зоны высоких градиентов мощности шешминских отложений (рис. 4.4). По данным предшественников (см. прил. 2), глубина заложения разломов различна: часть их определена как разломы фундамента (№№ 99, 100, 110, 135, 136), другие (№№ 144, 161, 164, 165, 167, 168 и др.) проявились только в верхних горизонтах осадочного чехла.

Некоторые элементы геологического строения Дуринской зоны разломов обсуждаются ниже, а более подробно геологическое строение этой площади ВКМС рассмотрено в работах [85, 40, 47, 55, 56, 111 и др.] и (Плотников и др., 2002).

Третья группа разрывных нарушений

Рубцовская зона имеет протяженность 24 км при ширине от 1,6 до 2,0 км (см. рис. 4.1). Она захватывает северную часть шахтного поля СКПРУ-2, едва касаясь южной границы СКПРУ-1, пересекает в широтном направлении площадь шахтного поля СКПРУ-3 и уходит далее на восток вплоть до границы калийной залежи. В состав зоны входят четыре разлома (№№ 44, 65, 109 и 134), выделенные раз-

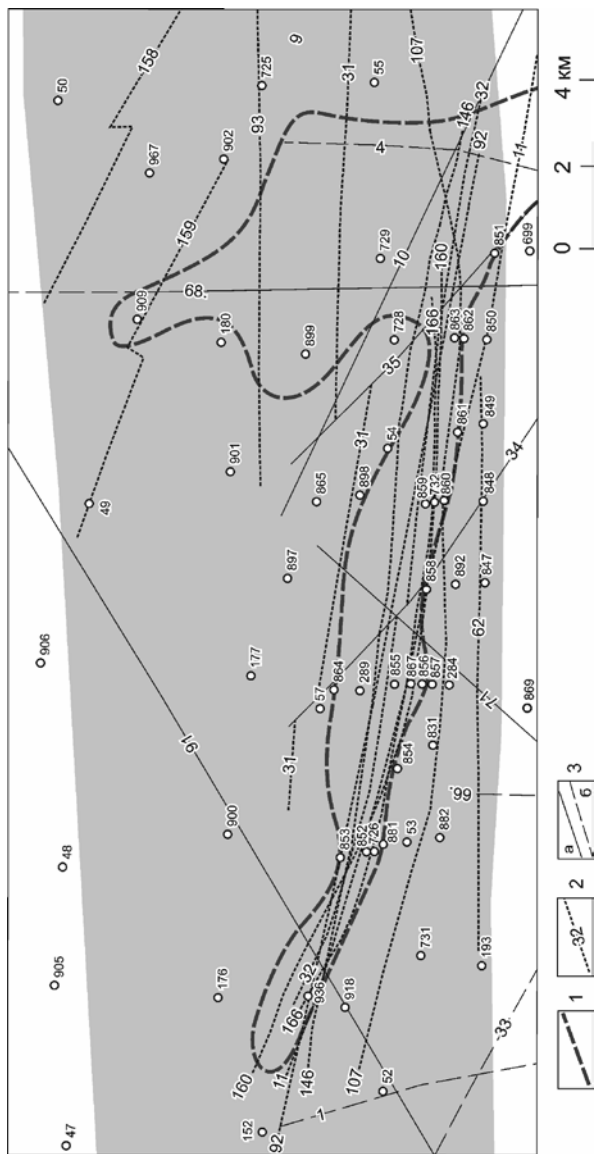


Рис. 4.2. Центральная часть зоны Боровицкого разлома: 1 – контур калийной залежи; 2 – разломы, входящие в состав зоны; 3 – прочие разломы; а – достовверные, б – предполагаемые

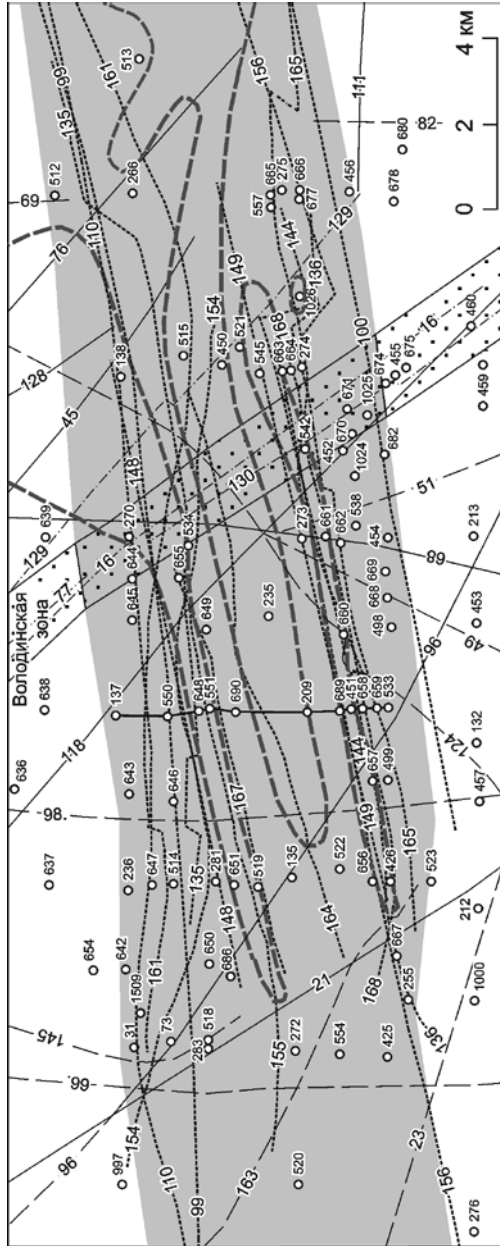


Рис. 4.3. Фрагмент зоны Дуринского разлома. Вертикальной сплошной линией показана линия геологического разреза. Остальные условные обозначения см. рис. 4.2

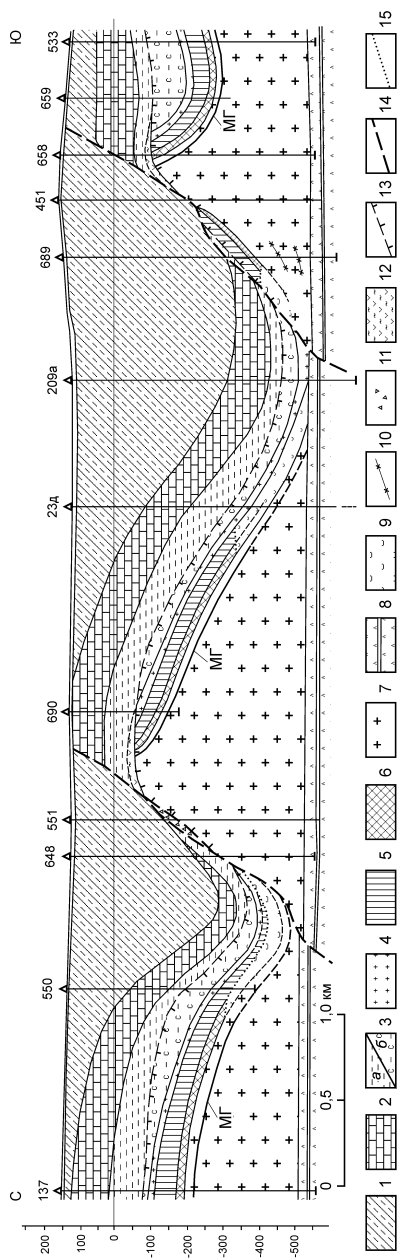


Рис. 4.4. Геологический разрез по линии скважин 137-533 (из [55]): 1 – пестроцветная толща; 2 – терригенно-карбонатная толща; 3 – соляно-мергельная толща; а – несоляная часть, б – переходная пачка; 4 – покровная каменная соль; 5 – карналлитовая зона; 6 – сильвинитовая зона; 7 – подстилающая каменная соль; 8 – глинисто-ангидридная толща; 9 – каменная соль замещения; 10 – сильвиниты во вторичном залегании; 11 – зона дробления; 12 – породы гипсово-глинистых шпал; 13 – соляное зеркало; 14 – разрывные нарушения; 15 – границы между стратиграфическими аналогами калийной залежи

личными методами (рис. 4.5а). Разломы 44 и 65 затрагивают только отложения осадочного чехла, разлом № 109 расценивается выделившими его авторами как разлом кристаллического фундамента, а разлом № 134 – как долгоживущий разлом фундамента, постоянно обновляющийся с докембрия по настоящее время.

Володинская зона имеет северо-западное простирание, смыкаясь с зоной Красноуфимского разлома (см. рис. 4.1). При ширине 1,5-2,0 км и протяжении 42 км она пересекается с Рубцовской зоной, а также является сквозной по отношению к зоне Дуринского разлома. Володинская зона пересекает территорию всех трех шахтных полей ОАО «Сильвинит», захватывая юго-западную часть СКПРУ-1, северо-восточный угол СКПРУ-2 и рассекая по диагонали южную часть шахтного поля СКПРУ-3. Южное окончание зоны (уже на территории южной части ВКМС), выделенное как предполагаемое, приходится на северо-восточный участок БКПРУ-4 (на этом участке зона совпадает с полого секущим по отношению к ней протяженным разломом № 118). В состав зоны входят (полностью или частично) четыре разлома – №№ 16, 77, 129 и 130 (рис. 4.5б), выделенные различными методами. Разломы № 16 и № 77 проявлены только в фундаменте, а разломы № 129 и № 130, выявленные по комплексу дистанционных и морфометрических методов, т.е. проявленные в верхних горизонтах осадочного чехла, характеризуются как палеозойские, обновившиеся в условиях альпийского тектогенеза (см. прил. 2).

В пределах Володинской зоны, на ее пересечении с Рубцовской зоной, расположен участок внезапного обрушения подработанной толщи на руднике СКПРУ-2, сопровождавшегося техногенным землетрясением. Далее на северо-запад (в пределах юго-восточной части шахтного поля СКПРУ-1) наблюдались участки ускоренного (против расчетного) оседания дневной поверхности (например, район блока № 115) и техногенная сейсмоопасная зона.

Зырянская зона, длиной до 40 км и при ширине 2,0-2,5 км, полностью пересекает южную часть месторождения в широтном направлении, охватывая южную треть шахтного поля БКПРУ-1 и северную треть шахтного поля БКПРУ-2 (см. рис. 4.1). Шесть субпараллельных разломов – №№ 25, 53, 79, 101, 113 и 138, входящих в состав этой зоны (рис. 4.6а), выделены различными методами, как на уровне кристаллического фундамента, так и в чехле – на уровне верхнепермских и более древних отложений (см. прил. 1).

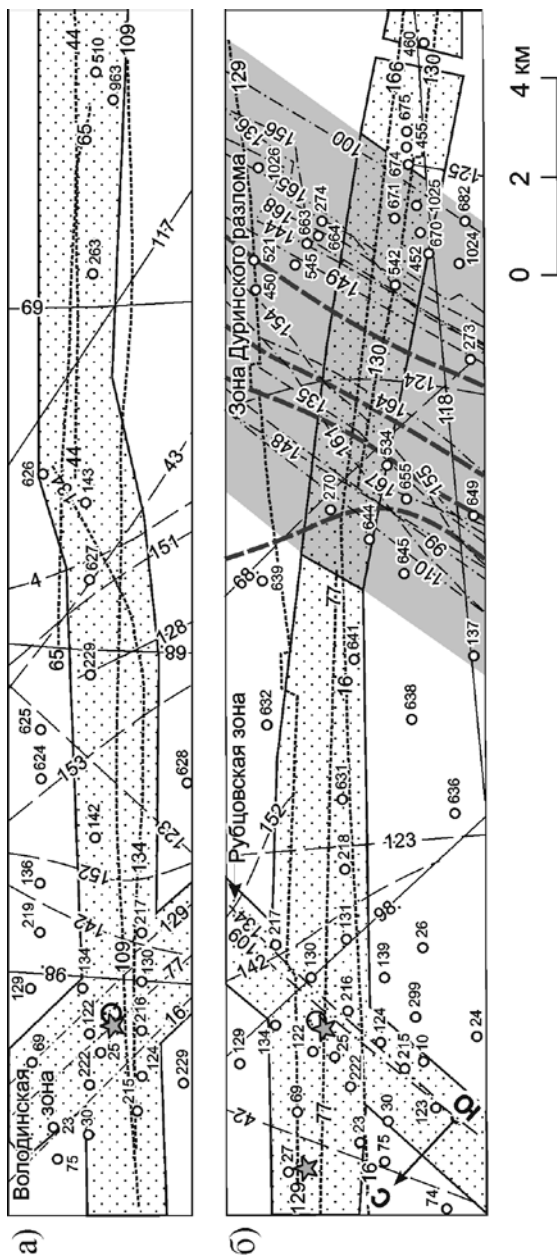


Рис. 4.5. Рубцовская (а) и Володинская (б) зоны разломов (условные обозначения см. на рис. 4.2)

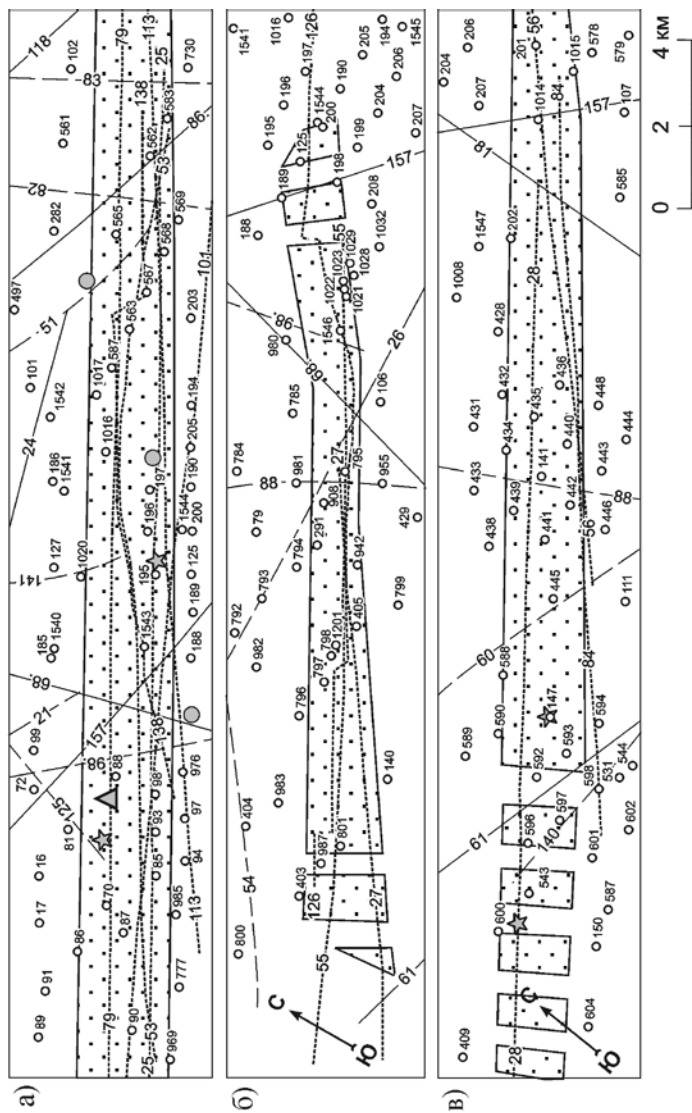


Рис. 4.6. Зырянская (а), Балахонцевская (б) и Сибирская (в) зоны разломов (условные обозначения см. на рис. 4.1 и 4.2)

Наличие зоны подтверждается материалами гидрогеологической съемки – в ее пределах сконцентрировано около 20 родников и 12 скважин с повышенными водопритоками. В пределах Зырянской зоны получили развитие провальные явления на территории пос. Новая Зырянка. В зоне расположен ряд точек сейсмических проявлений, а также пунктов с аномально высоким содержанием гелия в подземных водах (см. рис. 4.1).

Балахонцевская зона имеет северо-восточное простирание (см. рис. 4.1). Ее протяженность 20 км при ширине 1,2-2,0 км. Юго-западный фланг зоны ограничен зоной Красноуфимского разлома, а северо-восточный – Зырянской зоной разломов. Северо-восточное окончание Балахонцевской зоны приходится на юго-западную часть площади шахтного поля БКПРУ-2 (район скв. №№ 1546, 1029, 198, 125, 190). В состав зоны входят три разлома (рис. 4.6б). Разлом № 27 проявлен в фундаменте, № 55 – в осадочном чехле, а разлом № 126 отнесен к постоянно обновляющимся докембрийским разломам фундамента (см. прил. 1).

Сибирская зона имеет северо-восточное простирание (см. рис. 4.1). Ее протяженность около 30 км при ширине от 1,4 до 2,0 км. Как и у Балахонцевской зоны, ее юго-западный фланг ограничен зоной Красноуфимского разлома, а северо-восточный – Зырянской зоной разломов. Северо-восточное окончание Сибирской зоны захватывает юго-восточную часть территории шахтного поля БКПРУ-2 (р-н скважин 1014, 1015, 201). В состав зоны входят три разлома (рис. 4.6в), выявленные по комплексу гравиметрических и магнитометрических методов. Они проявлены в фундаменте (№ 28) и в осадочном чехле (№ 56, 84) (см. прил. 1). В пределах Сибирской зоны разломов находятся два эпицентра природных землетрясений.

Палашерская зона северо-восточного направления имеет протяженность 20 км при ширине 1,5-2,0 км (см. рис. 4.1). В отличие от остальных зон разломов, выделение которых производилось при наличии не менее трех сближенных субпараллельных разломов, эта зона включает в себя только два разлома – № 30 и № 85 (см. рис. 3.3). Такое отклонение от принятой методики объясняется идентичностью строения данного участка и Сибирской зоны разломов: в обоих случаях по данным гравиметрии выделены разломы в фундаменте, а по комплексу гравиразведки и магниторазведки – разломы, проявленные в строении надсолевой толщи (см. прил. 1). Кроме

того, обе зоны одинаково уверенно выделяются по материалам гидрогеологической съемки.

Четвертая группа разрывных нарушений включает 72 одиночных разлома, охватывающих разрез ВКМС (рис. 4.1), среди которых 35 достоверных (№№ 10, 15, 21, 23, 24, 26, 34, 35, 39, 40, 45, 57, 61, 63, 68-71, 76, 81, 86, 91, 96-98, 111, 117, 118, 121, 125, 128, 157, 170, 171, 173) и 37 предполагаемых (№№ 1, 4, 6, 14, 33, 36, 37, 41-43, 49, 51, 54, 58, 60, 66, 72-74, 82, 83, 88, 94, 95, 112, 123, 124, 127, 140, 141-143, 145, 151-153, 163). Следует отметить, что среди достоверно выделенных разломов есть такие, которые в отношении достоверности не однородны, т.е. некоторые части их – достоверны, другие – предполагаемые (например, №№ 23, 39, 96, 97 и др.). Среди предполагаемых разломов неоднородными являются те, которые имеют маловероятные части (например, №№ 88, 94, 142, 152 и др.).

В этой группе имеется два разлома (№№ 86 и 128), которые проявляются в четырех полях (см. прил. 4). Первый из них (№ 86), расположенный в юго-восточной части шахтного поля рудника БКПРУ-4, проявляется в гравиметрическом и магнитном полях, гидрогеологии надсолевой толщи и геологическом строении калийной залежи. Разлом № 128, расположенный к юго-востоку от основной части шахтного поля рудника СКПРУ-3 (р-н Пашковского поднятия), выделен морфометрическими методами и проявляется в магнитном поле, геологии калийной залежи и частично в гравиметрическом поле.

Протяженные достоверные разломы этой группы довольно редки. Среди них можно отметить такие, как № 68 (около 70 км), № 91 (более 60 км – на рис. 4.1 он ограничен северной рамкой), № 117 (45 км), № 70 (33 км), № 24 (31). Самым длинным является разлом № 97 (около 90 км), который, однако, не однороден по достоверности выделения.

Значительная часть разломов находится за пределами шахтных полей. В то же время на шахтных полях имеются участки с высокой плотностью этих разрывных структур. Таковыми являются центральная часть шахтного поля БКПРУ-4 и северная, ныне обрабатываемая часть шахтного поля СКПРУ-3. В последнем случае высокая плотность разломов прослеживается как в северо-западном

направлении (до Клевостовского купола и далее), так и на юго-восток к Пашковскому поднятию.

Нет необходимости останавливаться на характеристике оставшихся многочисленных разломов, так как общие сведения о них можно получить, используя рис. 2.6, а также данные прил. 2 и 4. Остановимся только на характеристике разлома № 88.

Это крупное разрывное нарушение длиной более 40 км выявлено в 1991 году в результате геологической интерпретации результатов детальных гравиметрических и магнитных съемок (Кассин и др., 1991) и определено как «разлом, проявленный в строении верхнепермских и более глубоких горизонтов» (см. прил. 2). Повторный анализ этих геофизических полей показал, что обсуждаемый разлом довольно четко отражается в структуре гравиметрического поля, но не подтверждается в магнитном поле (см. прил. 4). Следовательно, исходя из принятой методики оценки достоверности (см. разд. 3.2.2), разлом № 88 должен классифицироваться как маловероятный (не подтвердившийся). Однако в плане этот разлом находится в непосредственной близости (в 350 м) от провала дневной поверхности на руднике БКПРУ-3 (рис. 4.7). Если учесть среднюю ширину зоны влияния разломов на ВКМС, которая составляет около 2 км (на рисунке показана лишь его осевая линия), небольшую разницу азимутов (7°) простирания разлома № 88 и линейную аномалию электрического поля, отождествляемую с крутопадающими обводненными зонами повышенной трещиноватости пород надсолевой толщи, возможность невертикального падения разлома и некоторую ошибку при его переносе с мелкого масштаба на крупный, то можно предположить, что это одно и то же разрывное нарушение. В связи с этим средняя часть этого разрывного нарушения была идентифицирована как предполагаемая.

Пятая группа разрывных нарушений, самая малочисленная, представлена двумя одиночными предполагаемыми разломами (№№ 12 и 172), не охватывающими разрез ВКМС.

На рис. 4.1 видно, что предполагаемый разлом № 12 расположен южнее Боровицкого прогиба и прослеживается в запад-северо-западном направлении практически через всю калийную залежь. Он выделен по гравимагнитным полям и оценивается как разлом кристаллического фундамента (см. прил. 2).

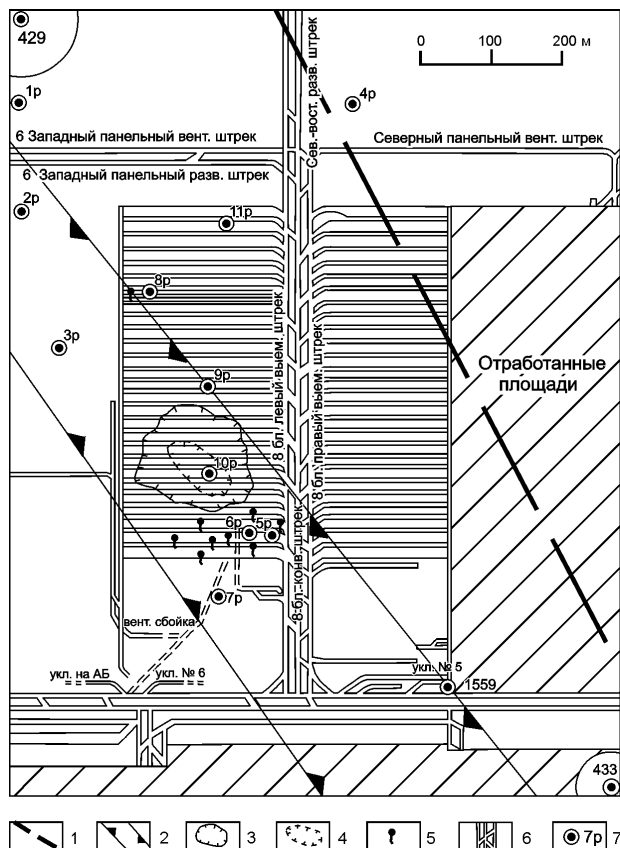


Рис. 4.7. Горно-геологическая ситуация района повала на БКПРУ-3: 1 – разлом № 88; 2 – линейная аномалия, отождествляемая с крутопадающими обводненными зонами повышенной трещиноватости пород надсолевой толщи (Беляев и др., 1989); 3 – контур провала земной поверхности по четвертичным отложениям (на 01.08.86); 4 – контур провала земной поверхности по коренным отложениям (на 01.08.88); 5 – места поступления рассолов в горные выработки (на 15.01.86); 6 – подземные горные выработки; скважины; 7 – поверхностного бурения; 8 – подземного бурения

Разлом № 172, расположенный к югу от шахтного поля рудника БКПРУ-3 (квадрат Г-13), прослеживается в юго-юго-восточном на-

правлении за пределы калийной залежи. Этот разлом выделен по данным сейсморазведки и определен как тектоническое нарушение в верхнедевонских и турнейских отложениях (см. прил. 2). Кроме того, он проявился в магнитном поле (см. прил. 4).

Шестая группа разрывных нарушений включает 31 маловероятный (неподтвердившийся) одиночный разлом, среди которых 17 разломов (№№ 2, 3, 7, 8, 46, 47, 50, 59, 78, 80, 87, 131-133, 137, 147, 150) охватывают разрез месторождения, а 14 разломов (17-20, 22, 29, 108, 114-116, 119, 120, 122, 169) выявлены в разрезе ниже ГАТ. Сведения об этих разломах приведены в приложении 2 и 4.

4.2. Проявление разломов в разрезе месторождения

Несмотря на обилие разломов, определенных как достоверные, длительность изучения и разработки месторождения, фактов геологической документации прямых проявлений крупных разрывных нарушений не имеется. Исключением являются два случая их наблюдения в приповерхностных частях надсолевых отложений. Один из них описан в работе Г.Р. Егера [36], когда в 1926 году севернее дер. Тюлькино (см. рис. 4.1) рекогносцировочным маршрутом в обнажении на правом берегу р. Камы была обнаружена «система мелких сбросовых трещин». Обнажение сложено известняками и мергелями терригенно-карбонатной толщи. Падение пород северо-восточное и северное, угол падения до 50° . Трещины располагаются параллельно, на «небольшом расстоянии друг от друга». Простираение трещин СВ $55-70^\circ$. Вертикальные амплитуды смещения составляют 0,5-5,0 м, в одном случае – 11 м.

Другой случай, связанный с печальным событием, – складчато-разрывное нарушение, обнажившееся в стенках провала в месте прорыва вод в рудник БКПРУ-3 (см. рис. 4.1). Здесь, по данным В.Н. Андрейчука [3], в породах ПЦТ наблюдаются трещины, в основном тектонические, со смещением. Угол падения $50-80^\circ$, но большинство из них субвертикальные. Большая часть трещин имеет азимут простираения $0-20^\circ$. Плотность трещин – от 0,15 до $1,0 \text{ м}^{-1}$. Ширина зоны повышенной трещиноватости в плане составляет 12-15 м.

Не исключено, что подобные зоны трещиноватости были вскрыты и на других участках месторождения при ведении разнообразных строительных работ, но, скорее всего, они геологически не были задокументированы.

Как известно [21, 55 и др.], большая часть трещин в солях месторождения, в том числе открытые, связана со складкообразованием. Достоверных генетических связей этих трещин с разломами не было установлено. Что касается разрывных нарушений в отложениях, непосредственно подстилающих соляную толщу (например, ГАТ), то их наличие только предполагалось либо по данным геофизики, либо по генетическим соображениям.

Ниже излагаются новые факты проявления крупных разрывных нарушений (разломов) в разрезе ВКМС, часть из которых уже освещена в работе [55].

Разрывное нарушение в глинисто-ангидритовой толще

Высокая плотность разведочных и эксплуатационных скважин в пределах Чашкинского месторождения нефти позволила получить детальную карту стратоизогипс кровли ГАТ (рис. 4.8). На рисунке видно, что кровля этой толщи образует четкую ступень, ориентированную почти вкрест простирания восточного борта Соликамской впадины. Параметры ступени: простирание – ЮЗЗ 255°, четко прослеживаемая длина – более 5 км (ступень не ограничена с востока), максимальная амплитуда перепада – 83 м, угол наклона кровли ГАТ в пределах ступени иногда превышает 30°. Эта ступень практически совпадает с осью Гулинского прогиба, выделенного по кровле солей [55]. Важно отметить, что в пределах этой ступени находятся скважины № 175 и № 183 (см. рис. 4.8), при бурении которых в ГАТ были встречены зоны поглощения бурового раствора (табл. 4.1).

К настоящему времени в пределах ВКМС пробурено более 900 нефтяных скважин, в части из которых имелись зоны поглощения бурового раствора. Из всего разнообразия стратиграфического положения зон поглощения только в двух случаях зоны зафиксированы в интервале ГАТ, и именно эти скважины (№№ 175, 183) расположены рядом и на участке резкого перепада отметок кровли этой толщи. Отметим, что вероятность случайного совместного нахождения этих скважин (т.е. двух точек поглощения бурового раствора) ничтожно мала и составляет $2,2 \cdot 10^{-4} \%$.

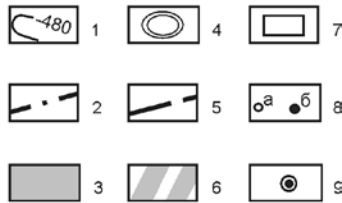
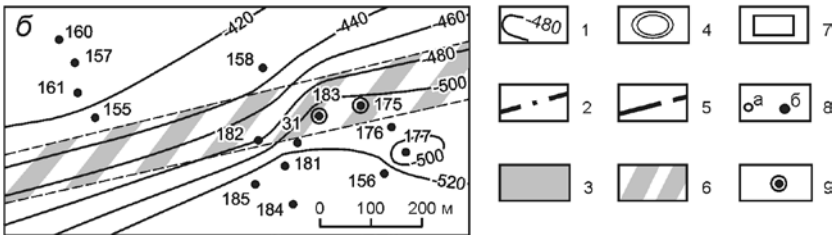
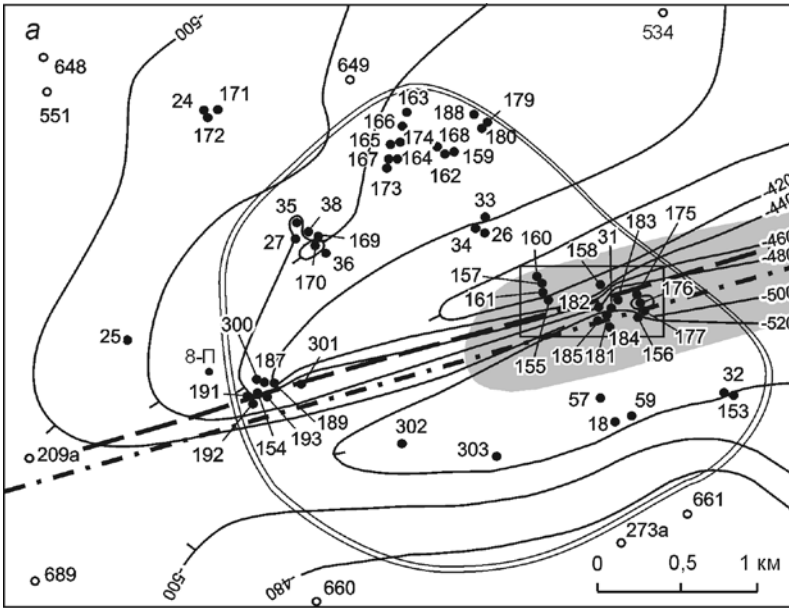


Рис. 4.8. Структурная карта кровли ГАТ района Чашкинского месторождения нефти (а) и положение скважин с поглощением бурового раствора (б): 1 – стратозигопсы кровли ГАТ; 2 – положение оси Гулинского прогиба; 3 – участок отсутствия соляной толщи; 4 – контур Чашкинского месторождения нефти; 5 – осевая линия разлома; 6 – возможное положение зоны разлома; 7 – контур участка детальных исследований; 8 – солеразведочные (а) и нефтяные (б) скважины; 9 – скважины, вскрывшие интервалы поглощения бурового раствора в ГАТ

Характеристики зон поглощения бурового
раствора в интервале ГАТ
(по данным Западно-Уральского округа Госгортехнадзора РФ)

Характеристики зон поглощения	Номер скважины	
	175	183
Отметка кровли ГАТ, м	-501,0	-518,0
Интервалы отметок зон поглощения, м	-571,5÷-659,5	-529,0÷-539,0 -569,0÷-579,0
Интенсивность поглощения, м ³ /ч	12,0	4,0-5,0

Таким образом, совокупность особенностей строения ГАТ в районе Чашкинского месторождения нефти (ступень кровли ГАТ с амплитудой более 80 м, ее ориентация в плане, наличие двух скважин, в которых встречены зоны поглощения бурового раствора, ее совпадение с зоной отсутствия солей) является прямым признаком наличия разрывного нарушения типа взброса. Отметим, что это первое прямое доказательство наличия крупного разрывного нарушения в отложениях, подстилающих соляную толщу ВКМС.

Проявление разлома в солях

(интервал промышленной зоны)

Известно, что на ВКМС и особенно в его центральной части часто встречаются открытые согласные и секущие трещины. Наибольший научный и практический интерес представляют секущие трещины, которые делятся на трещины складок и трещины неопределенного генезиса (рис. 4.9). За последние три года в восточной части шахтного поля рудника СКПРУ-3 (8-я панель – блоки 4, 6, 8-10; 4-я панель – блок 2) на рабочих горизонтах горными работами было вскрыто множество секущих трещин (рис. 4.10). Они развиты в основном на горизонте пласта АБ и реже на горизонте пласта КрII. Потенциальная опасность типов трещин различна, а наиболее опасными из них являются трещины скола, которым уделено наибольшее внимание.

Трещины отрыва

Трещины отрыва имеют широкое распространение, а среди них встречаются как группы трещин (см. рис. 4.10), так и одиночные.

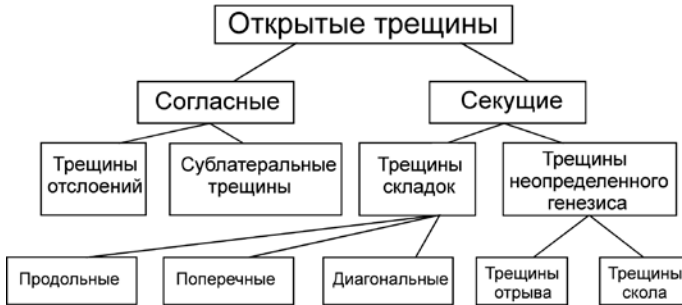


Рис. 4.9. Классификация открытых трещин в солях ВКМС (по [55])

Расстояние между трещинами в местах их скопления составляет от долей метра до нескольких метров. Эти трещины развиты, как правило, в пределах одного пласта. Размеры трещин по падению и простиранию обычно составляют от десятков сантиметров до первых метров. Примерно половина из них – сомкнуты, остальные – сомкнуты в краевых частях, а к центру раскрываются, иногда до 6 см.

В плане и разрезе трещины обычно криволинейные (дугообразные или S-образные), реже ломаные и еще реже прямолинейные. Простирание трещин различно, но чаще они ориентированы в северо-западном или меридиональном направлениях (рис. 4.11 а, б, в, г), падение – как западное, так и в восточное под углами 70-90°. В структурном отношении эти трещины приурочены чаще всего к ядрам синклинальных складок, реже – к их крыльям.

Трещины отрыва часто содержат вторичную минерализацию, представленную серым и темно-серым разномзернистым галитом, желтым карналлитом, белым и красным разномзернистым сильвином. В полостях трещин обнаружены кристаллы крупнозернистого красного сильвина и крупнозернистого галита. Кроме того, на стенках трещин часто наблюдается налет неясного состава желтого и бурого цветов.

При вскрытии трещин отрыва горными выработками иногда отмечались выделения газа в форме легких хлопков или шипения.

Трещины отрыва встречаются в основном на горизонте пласта АБ (участки №№ 1-14), реже – в пласте КрII (участки №№ 15 и 16) (см. рис. 4.10). Пример трещин отрыва участка 1 приведен на рис. 4.12.

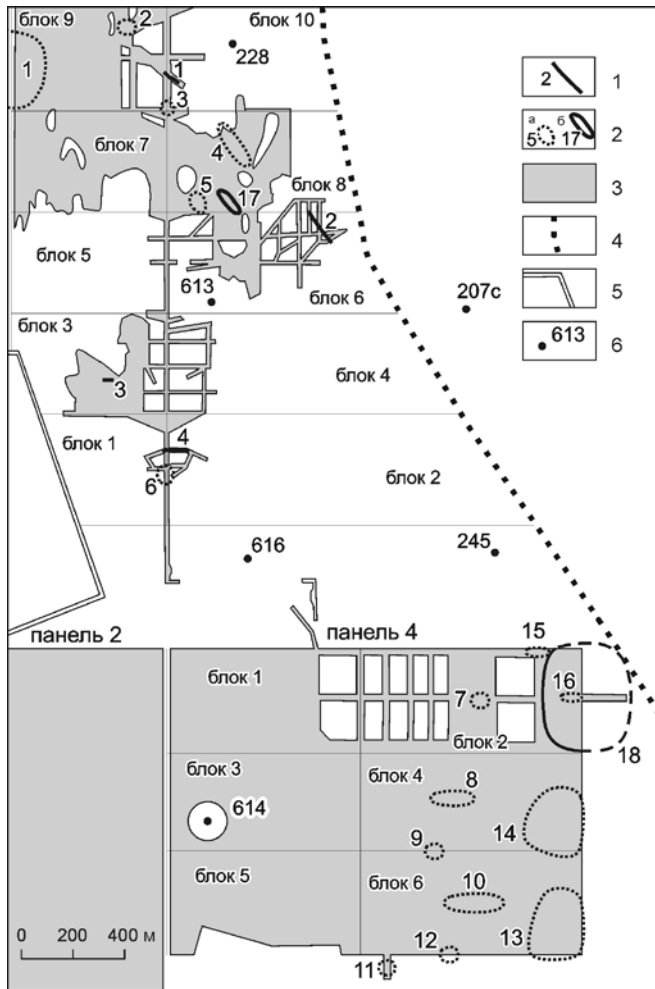


Рис. 4.10. Схема распространения трещин в солях в пределах восточного фланга шахтного поля СКПРУ-3: 1 – одиночные трещины скола и их номера; 2 – участки развития трещин отрыва (а) и скола (б) и их номера; 3 – выработанное пространство по горизонту пласта АБ по состоянию на 01.01.04; 4 – граница ведения горных работ; 5 – граница предохранительного целика под промплощадку; 6 – скважины, пробуренные с поверхности и их номера

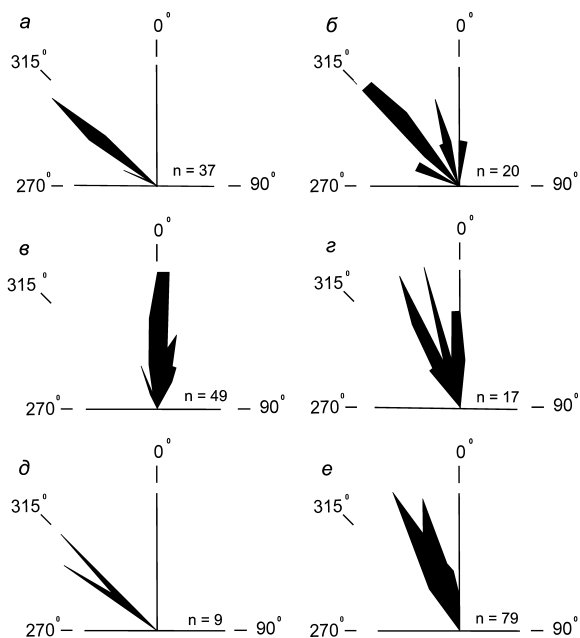


Рис. 4.11. Розы-диаграммы простираний секущих трещин на восточном фланге шахтного поля СКПРУ-3: а – участок № 1; б – участки № 2-6; в – участки № 7-14; г – участки № 15 и 16; д – участок №17; е - участок № 18

Одиночные трещины скола

В пределах восточной части шахтного поля СКПРУ-3 обнаружено четыре одиночных трещины скола, каждой из которых присвоен индивидуальный номер (см. рис. 4.10).

Трещина № 1 (панель 8, блоки 9 и 10) вскрыта вентиляционным панельным штреком и специально пройденной разведочной выработкой (рис. 4.13а). Описание трещины дается в основном по работе (Джиноридзе и др., 1997).

Азимут простирания трещины изменчив, но в целом составляет 305° . Падение – северо-восточное под углом $80-85^\circ$. Протяженность трещины в плане – 60 м. Трещина обычно сомкнута, но участками имеет раскрытие до 1,0-1,5 см

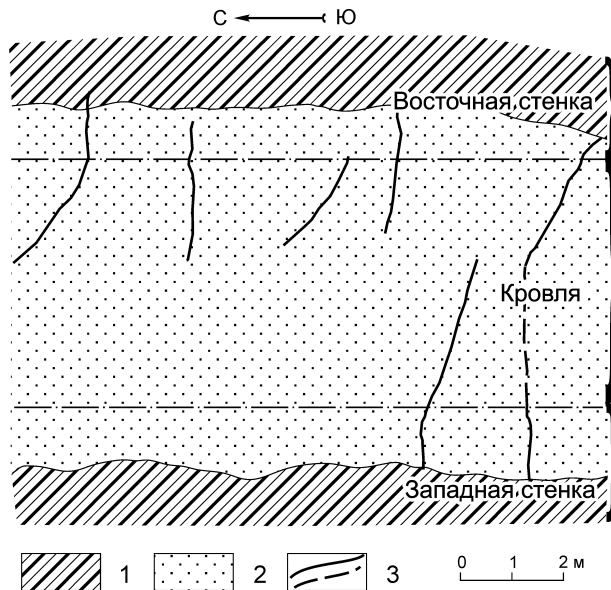


Рис. 4.12. Трещины отрыва в пестрых сальвинитах пласта Б на участке 1 (панель 8, блок 9, кровля камеры 7): 1 – сальвинит полосчатый; 2 – сальвинит пестрый; 3 – трещины

По данным геологической документации кровли разведочной выработки, трещина сечет в пласты Б и Б-В. Бурением специальных скважин (Т-1/8, Т-2/8, Т-3/8) установлено, что она достигает слоя 3 пласта В, представленного карналлитовой породой. Здесь трещина заполнена лимонно- и винно-желтым карналлитом столбчатой и линзовидно-ориентированной текстуры. В заполнителе часто развиты щелевидные полости и каверны, стенки которых припорошены тонкозернистым карналлитом и галитом. В средней части трещины встречены следы истечения рассолов, представленные соляной коркой «ржавого» цвета, окаймляющей края трещины на протяжении одного метра.

Нашими наблюдениями выявлено, что вблизи сопряжения разведочной выработки с вентиляционным штреком трещина пересекает синклинальную складку почти под прямым углом. Ядро этой складки сложено каменной солью пласта Б-В, а крылья – пестрыми сальвинитами пласта Б. Осевые линии северной и южной частей

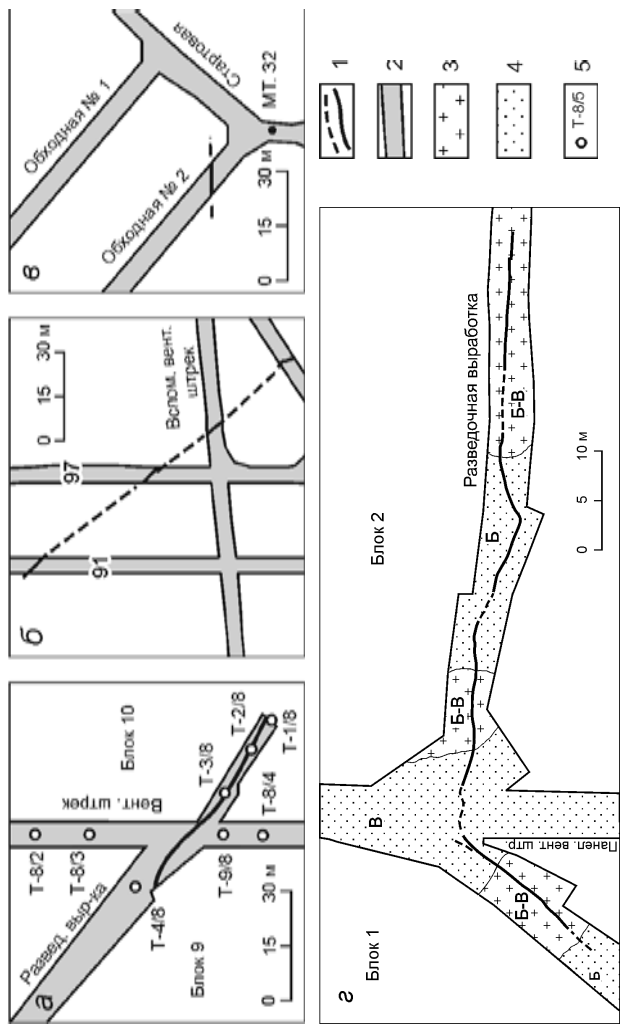


Рис. 4.13. Схема расположения одиночных трещин скола: № 1(а), № 2 (б), № 3 (в), № 4 (г): 1 – трещины; 2 – горные выработки, их названия и номера; 3 – каменная соль; 4 – сильвинит пестрый; 5 – скважины подземного бурения и их номера

складки, рассеченной трещиной, лежат практически на одной прямой. При этом ширина выхода пласта Б-В к северу от трещины составляет 0,8 м, а к югу – 0,6 м. Это однозначно указывает на более низкое положение северо-восточного крыла трещины относительно юго-западного. Однако вертикальная амплитуда смещения не установлена.

Вопрос о наличии горизонтального смещения краев трещины однозначно решить не удалось. Если такое смещение и произошло, то оно имело незначительную амплитуду, которая затухает мелкой интенсивной складчатостью. Неясность этого вопроса видна и в работе (Джиноридзе и др., 1997). Так, на стр. 4 этой работы написано, что трещина возникла «при левостороннем горизонтальном сдвиге», а на стр. 60 – «в результате правостороннего горизонтального сдвига».

Трещина № 2 (блок 6, панель 8). Вспомогательными выемочным и вентиляционным штреками, также камерами 91 и 97 вскрыты трещины, которые располагаются на одной линии. Вероятнее всего, это фрагменты одной трещины, общая протяженность которой составляет не менее 115 м (рис. 4.13б). Трещина прерывистая, а расстояние между ее концами может достигать 0,5 м. В кровле камеры 97 наблюдается кулисное расположение ее концов (рис. 4.14а).

Азимут простирания трещины СЗ 310° , но на юго-восточной стенке вспомогательного выемочного штрека она простирается по азимуту СЗ 350° , контролируясь осевой поверхностью локальной синклинали. Падение северо-восточное под углом $75-80^\circ$.

В относительно однородных соляных породах трещина прямолинейная с ровными краями. На участках пересечения глинистых прослоев она извилистая и смещается по глинистым прослойкам (рис. 4.14б). Трещина на большей ее длине сомкнута, но имеются раскрытия до 4 см. Видимый интервал разреза, пересекаемый трещиной, – от пласта А-КрI до пласта Б-В. На стенках всех выработок, вскрывших трещину, отчетливо фиксируется опускание северо-восточного крыла на 5-10 см. Стенки трещины покрыты желтоватым налетом.

Трещина № 3 (блок 3, панель 8) вскрыта обходной выработкой № 2. Видимая длина трещины составляет 8 м, но она может быть больше, т.к. ее концы находятся в целиках (см. рис. 4.13в). Азимут

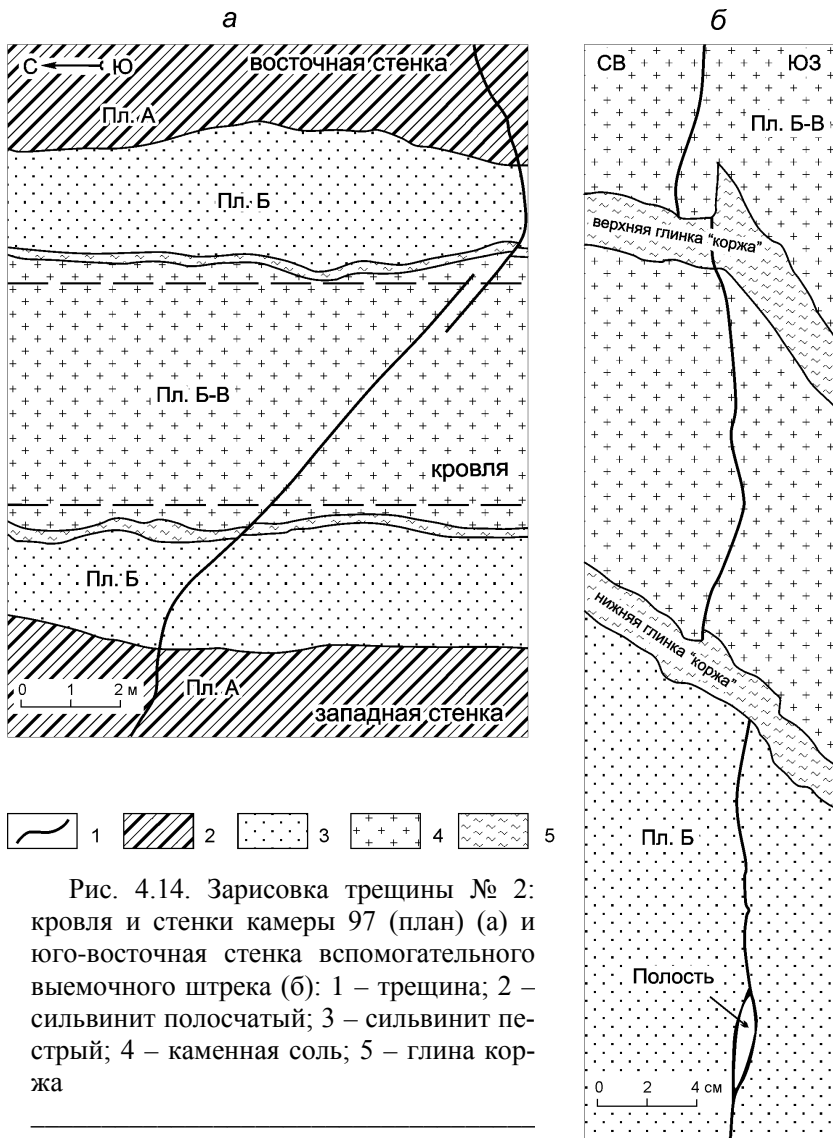


Рис. 4.14. Зарисовка трещины № 2: кровля и стенки камеры 97 (план) (а) и юго-восточная стенка вспомогательного выемочного штрека (б): 1 – трещина; 2 – сильвинит полосчатый; 3 – сильвинит пестрый; 4 – каменная соль; 5 – глина коржа

простираения трещины – $3\ 270^\circ$, падение вертикальное, но на отдельных участках может быть как северное, так и южное под углами 85°

90°. Смещений не обнаружено. Трещина на значительном протяжении сомкнута, местами имеются полости с раскрытием до 3 см. По вертикали трещина охватывает пласты А, Б и Б-В. Стенки трещин покрыты желтоватым налетом. Реже встречаются корочки, сложенные мелкими кристаллами желтовато-серого и серого галита.

Трещина № 4 (блоки 1 и 2, панель 8) вскрыта панельным вентиляционным штреком и разведочной выработкой (см. рис. 4.13г). Общая протяженность трещины составляет около 78 м. По разрезу трещина прослежена от верхней части пласта Б до слоя 1 пласта В сильвинитового состава. Простираение трещины переменное: на ее протяжении имеется четыре излома, которые делят трещину на пять частей. Самая западная часть протяженностью около 16 м ориентирована на северо-восток по азимуту 42°. Далее на восток отрезок длиной 20 м имеет азимут ЮВ 93°, параметры третьего отрезка составляют 12 м и ЮВ 111°, соответственно; четвертого – 7 м и СВ 72°; самого восточного – 23 м и ЮВ 94°. Общее простираение трещины – СВ 85°. Падение трещины вертикальное или в южном направлении под углами 85-90°. На большей части трещина сомкнута, но местами она полая с раскрытием до 1,5 см.

В нескольких местах трещины, в т.ч. на участке, примыкающем с востока к панельному вентиляционному штреку, наблюдаются левосдвиговые смещения с горизонтальной амплитудой до 2 см. По свидетельству старшего геолога рудника В.А. Шабакина, в процессе проходки разведочной выработки на отдельных участках трещины наблюдались незначительные проявления рассолов. После проходки восточной части разведочной выработки на протяжении 2-3 суток в рудничной атмосфере отмечалось повышенное содержание метана и водорода.

Серии трещин скола

В пределах восточного фланга шахтного поля СКПРУ-3 подземными горными работами вскрыто два участка развития трещин скола – № 17 и № 18 (см. рис. 4.10).

Участок № 17 (блок 8, панель 8) представлен серией трещин, вскрытых южными половинами камер 66-74 (рис. 4.15а). Интервал азимутов простираения трещин довольно узок и составляет СЗ 305-315° (см. рис. 4.11д). Падение северо-восточное или вертикальное под углом 65-90°.

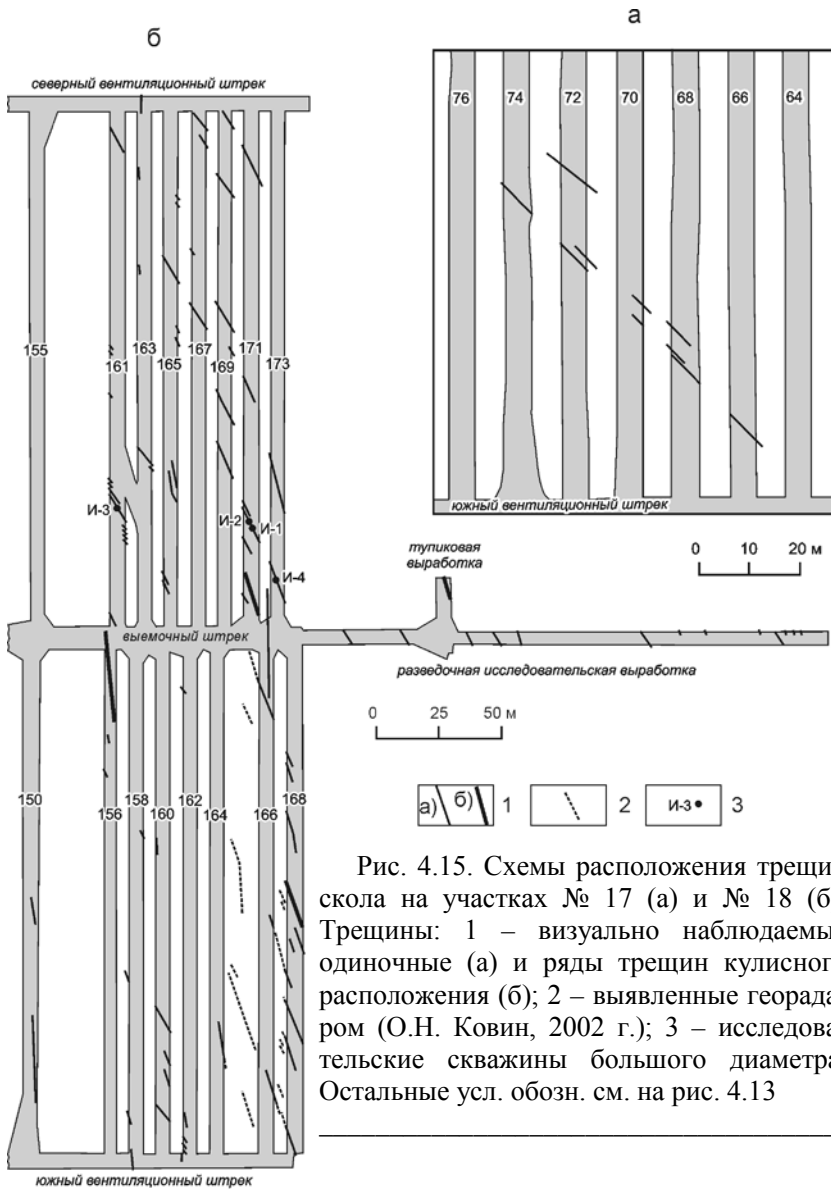


Рис. 4.15. Схемы расположения трещин скола на участках № 17 (а) и № 18 (б). Трещины: 1 – визуально наблюдаемые одиночные (а) и ряды трещин кулисного расположения (б); 2 – выявленные георадаром (О.Н. Ковин, 2002 г.); 3 – исследовательские скважины большого диаметра. Остальные усл. обозн. см. на рис. 4.13

Видимая длина трещин в подземных горных выработках достигает 8 м, но некоторые из них по простиранию лежат на одной ли-

нии. Скорее всего, некоторые трещины являются фрагментами одной разрывной структуры. Самая крупная из них пересекает камеры 66, 68, 70, 72 и 74, имея небольшой перерыв в западной части камеры 70. Таким образом, ее общая длина составляет, вероятно, не менее 74 м. Расстояние между трещинами составляет 1-7 м. Вниз по разрезу трещины достигают слоя А', вверх – трещины распространяются до пласта Б-В включительно. Зарисовка стенок камеры 68 в интервале выхода трещин приведена на рис. 4.16.

Все трещины прямолинейные, с ровными краями. В пласте А трещины сомкнуты, а вверх по разрезу постепенно раскрываются до 1,5 см. Трещины представляют собой небольшие сбросы с опущенными северо-восточными крыльями (вертикальная амплитуда –

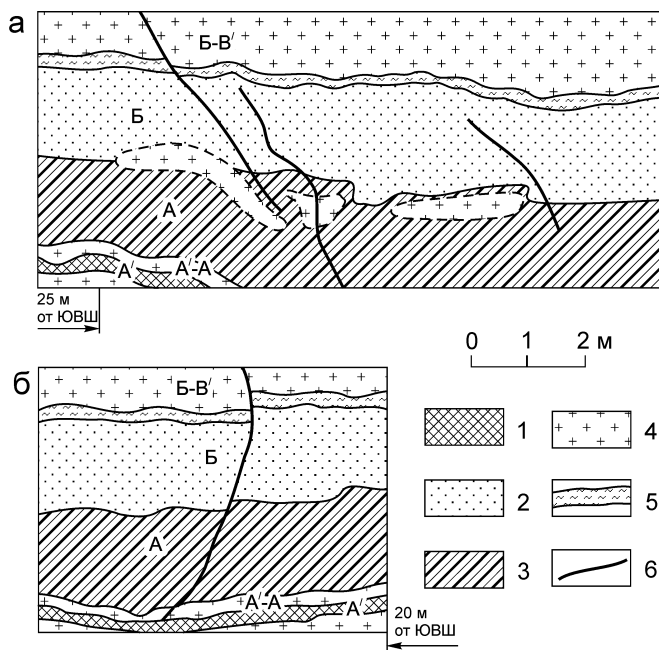


Рис. 4.16. Зарисовка трещин в западной (а) и восточной (б) стенках камеры 68 (участок 17). Сильвинит: 1 – красный, 2 – пестрый, 3 – полосчатый; 4 – каменная соль; 5 – глинистые прослойки; 6 – трещины

до 5 см). Вдоль некоторых трещин фиксируется левостороннее горизонтальное смещение. Стенки трещин покрыты желтоватым налетом. Также встречаются корочки, сложенные мелкими кристаллами серого и желтовато-серого галита.

Участок № 18 (блок 2, панель 4) представлен многочисленными трещинами скола, вскрытыми камерами 150-168 и разведочной исследовательской выработкой (см. рис. 4.156). Это самый крупный участок развития трещин. Кроме того, он не оконтурен как с севера, так и с востока. Азимут простирания трещин, вскрытых в пластах А, Б и Б-В, колеблется в интервале СЗ 330-350° с двумя максимумами 335° и 345° (см. рис. 4.11е). Падение основной массы трещин северо-восточное или вертикальное (угол 75-90°). Большинство трещин скола на этом участке в плане и разрезе прямолинейные с ровными краями (рис. 4.17а), реже – неровные, местами ступенчатые (рис. 4.17б). Максимальное раскрытие характерно для пласта Б-В (до 20 см), но обычное раскрытие – 1-5 см. В пласте А и ниже трещины чаще всего сомкнуты (рис. 4.18).

Длина трещин различная – от первых метров до 40 м. Возможно, некоторые из них трассируются через несколько выработок, приобретая внушительные размеры. Например, тремя соседними камерами 169, 171 и 173 вскрыты трещины, лежащие по простиранию на одной линии. Если эти трещины являются фрагментами одной разрывной структуры, то ее общая длина должна составлять не менее 65 м (рис. 4.19).

Результаты бурения скважин диаметром 0,5 м показали, что трещины скола секут пласт Б-В. В скважине И-1, которая пройдена вертикально, трещина «ушла» из ствола, не доходя до кровли пласта Б-В. Эта же трещина, прослеженная скважиной И-2, не «доходя» 5 см до подошвы слоя В¹ карналлитового состава, резко обрывается без изменения раскрытия. Раскрытая трещина скола, прослеженная скважиной И-3, полностью пересекает слой В¹ сильвинитового состава. На контакте слоев В¹ и В¹-В она расщепляется на серию мелких трещин, расходящихся в стороны вдоль этого контакта. На южной стенке скв. И-3 (приблизительно в одном метре вверх от подошвы пласта В карналлитового состава) почти на осевой плоскости синклинали (т.е. в створе нижней части трещины) имеется серия овальных пустот размером 2×3 см. В скв. И-4 открытая трещина выходит из створа скважины примерно в 3,2 м от ее устья.



Рис. 4.17. Фрагменты трещин скола в пластах Б и Б-В. Панель 4, блок 2, западная стенка и кровля камеры № 167 в 107 м от устья (а) (фото В.А. Шабакина) и кровля камеры № 156 вблизи ее устья (б) (фото В.Е. Васюкова)

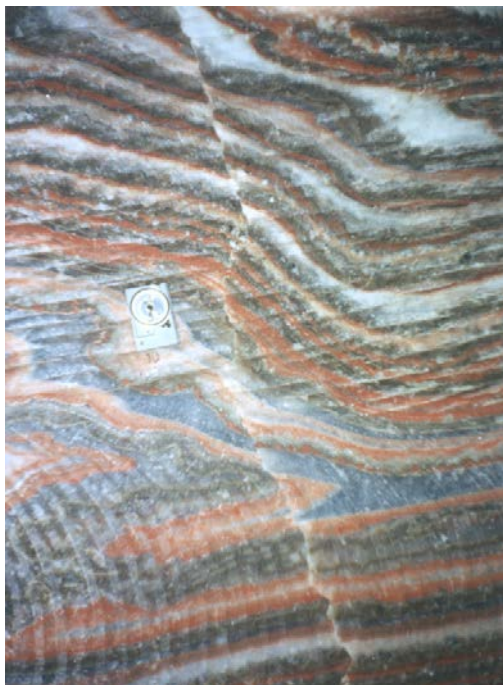


Рис. 4.18. Трещина скола в пласте А. Западная стенка камеры № 171, в 52 м от ее устья (фото В.Е. Васюкова)

Вниз по разрезу трещины прослеживаются до пласта А, реже – до слоя А' и исключительно редко – до пласта А-КрI.

Прямое наблюдение смещений и расположение трещин в кулисных рядах свидетельствуют о левостороннем характере перемещения блоков пород. У некоторых трещин (например, по стенкам камер 169, 171 и 173) наблюдаются смещения по вертикали на 1-5 см, что придает им характер малоамплитудных сбросов (северо-восточные крылья опущены).

Трещины под углом 30-50° секут оси складок (см. рис. 4.19). Вместе с тем, в местах пересечения с ядрами синклиналиных складок трещины иногда распадаются на серии коротких, часто изогнутых трещин, расположенных ступенчато или кулисообразно. Простираение таких трещин меняется с северо-западного на северо-северо-западное.

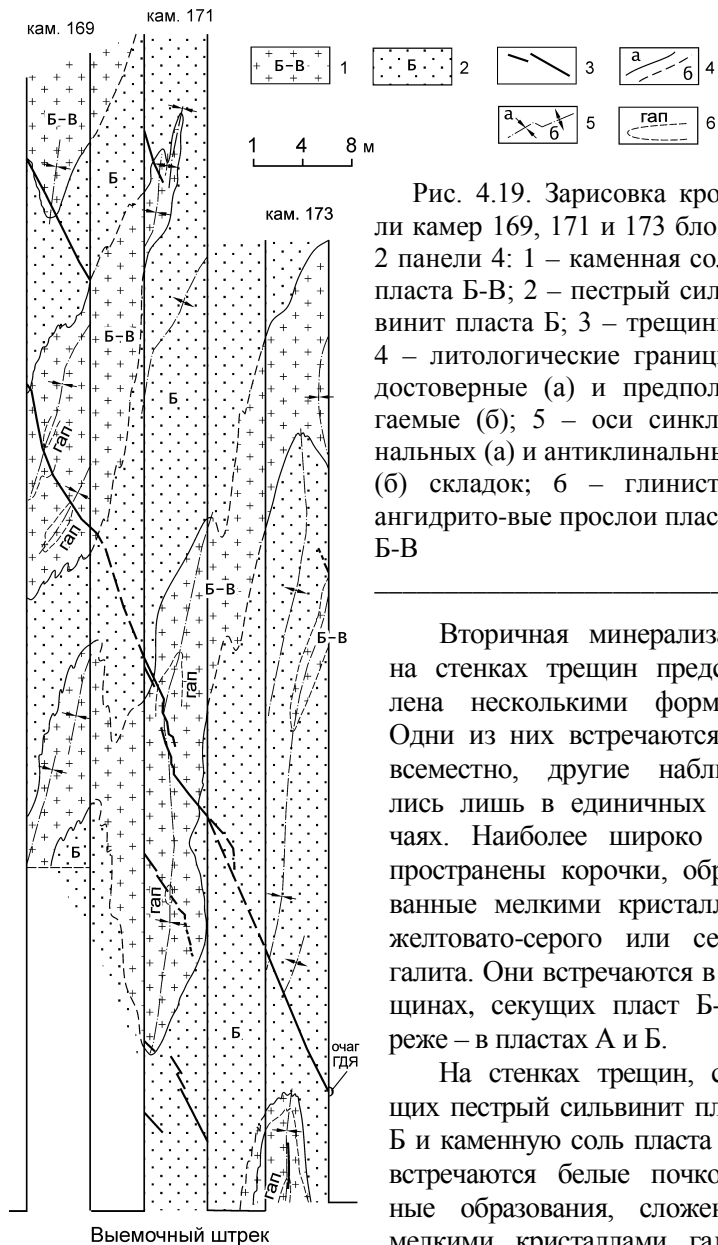


Рис. 4.19. Зарисовка кровли камер 169, 171 и 173 блока 2 панели 4: 1 – каменная соль пласта Б-В; 2 – пестрый сильвинит пласта Б; 3 – трещины; 4 – литологические границы: достоверные (а) и предполагаемые (б); 5 – оси синклинальных (а) и антиклинальных (б) складок; 6 – глинисто-ангидритовые прослои пласта Б-В

Вторичная минерализация на стенках трещин представлена несколькими формами. Одни из них встречаются повсеместно, другие наблюдались лишь в единичных случаях. Наиболее широко распространены корочки, образованные мелкими кристаллами желтовато-серого или серого галита. Они встречаются в трещинах, секущих пласт Б-В и реже – в пластах А и Б.

На стенках трещин, секущих пестрый сильвинит пласта Б и каменную соль пласта Б-В, встречаются белые почковидные образования, сложенные мелкими кристаллами галита. Диаметр «почек» – 1-3 мм, вы-

сота – 1-4 мм. Эти «почки» могут быть одиночными или формировать скопления, образующие иногда сплошной покров. В качестве примера приведем фото почек, образовавшихся на стенке трещины, вскрытой камерой 171 (рис. 4.20а).

На западной стенке устья камеры № 173 в трещине, пересекающей каменную соль пласта Б-В, встречена щетка кристаллов галита необычной формы. Щетка имеет вытянутую форму с размерами площадки 3,0×1,5 см. Кристаллы бесцветные, довольно чистые. Их длина может достигать 16 мм, поперечник – до 4-5 мм. Кристаллы длиной до 5 мм ровные, прямые. С увеличением длины кристаллы начинают изгибаться в стороны от длинной оси щетки. Самые длинные кристаллы развернуты почти на 180° (рис. 4.20б).

Кроме перечисленных минеральных новообразований, на стенках трещин, сложенных пестрым сильвинитом, часто встречается желтый налет. Такой налет может окрашивать участки породы площадью до нескольких десятков квадратных сантиметров. Лучше всего он заметен на поверхностях кристаллов молочно-белого сильвина. Налет может проникать в породу до нескольких сантиметров.

При вскрытии трещин скола часто наблюдались сильные кратковременные выделения газа, сопровождаемые резкими хлопками.

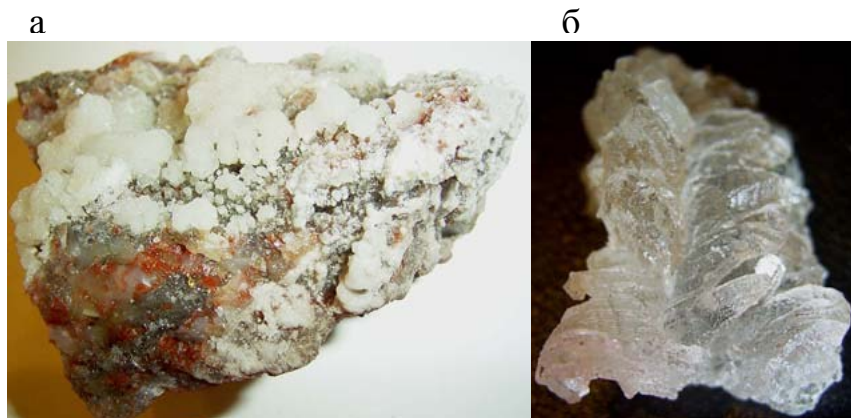


Рис. 4.20. Почковидные образования (а) (натур. велич.) и щетка галита (б) (×2) со стенок трещин скола (фото В.Е. Васюкова)

Расстояние между трещинами колеблется в широких пределах (1-25 м) и в среднем составляет 4-10 м. Однако блоки пород, разделенные визуально наблюдаемыми трещинами, рассечены серией скрытых трещин, имеющих ту же ориентировку, что и основные трещины. Скрытые трещины проявляются в виде трещин отдельности при техногенной деформации пород в местах концентрации напряжений (на сопряжениях горных выработок) и при разделке (распиловке) монолитов на образцы (при видимой монолитности образцы разваливаются на части).

В некоторых случаях скрытые трещины видны на гранях образцов, подготовленных для лабораторных исследований физико-механических свойств пород. Так, например, при отборе монолита полосчатого сильвинита из восточной стенки камеры 168 в 20 м от ее устья никаких признаков трещиноватости пород замечено не было (ближайшая видимая трещина находится в 12,5 м к западу). Однако на части неразвалившихся образцов видны тонкие трещины кливажа, которые располагаются на расстоянии 0,5-1,5 см одна от другой (рис. 4.21). Трещины не являются сквозными, большая часть их видна на одной грани образца и теряется в глубине породы.



Рис. 4.21. Кливаж полосчатых сильвинитов пласта А (натур. велич.). Восточная стенка камеры № 168, в 20 м от ее устья (фото Л.В. Андрейко)

Предварительный анализ трещин скола, обнаруженных в интервале разреза от подошвы пласта А до кровли пласта Б-В и развитых на восточном фланге шахтного поля СКПРУ-3, показал, что они образуют две зоны трещиноватости – главную (ГЗТ) и малую (МЗТ) (рис. 4.22). Вполне понятно, что юго-восточная граница ГЗТ является условной и отражает лишь фактическую сторону. Объединение нескольких, иногда достаточно удаленных друг от друга участков развития трещин в единую зону обусловлено близкой ориентировкой трещин в пространстве. В частности, трещины, входящие в ГЗТ, характеризуются следующими особенностями: простираение – северо-западное, падение – северо-восточное под углом $75-85^\circ$ (иногда вертикальное), смещение стенок трещин в плане левостороннее, северо-восточный блок, как правило, опущен на 1-10 см.

Положение зон трещиноватости в плане не зависит от пликативной структуры соляной тощи, что характерно как для регионального, так и для локального плана. Отсутствует какая-либо закономерность расположения этих зон и относительно структуры геохимических полей (изолинии содержаний КСl и Н.О.). Что касается литологии, то здесь намечается более или менее четкая приуроченность развития трещин к участкам развития пестрых сильвинитов пласта Б. Следует отметить, однако, что эта тенденция может быть обусловлена (или усилена) меньшим количеством горных выработок на площадях развития карналлитовой породы и смешанных солей.

Весьма примечательно, что длинная ось ГЗТ практически совпадает с разломом № 170 и с его продолжением в юго-восточном направлении (см. рис. 4.22). МЗТ находится вблизи оси разлома № 117 и простирается под небольшим углом к ней. Но на этом заканчиваются явные соответствия расположения зон трещиноватости и геологического строения района этих зон.

Наиболее интересные результаты получены при сопоставлении положения зон трещиноватости с латеральной изменчивостью физико-механических свойств соляных пород, фактические данные по которым были любезно предоставлены сотрудниками лаборатории ФПОГ ГИ УрО РАН.

В районе зон трещиноватости пройдено более 40 скважин подземного бурения, керн которых испытан на физико-механические свойства. По известным причинам (малый выход керна, его потеря,

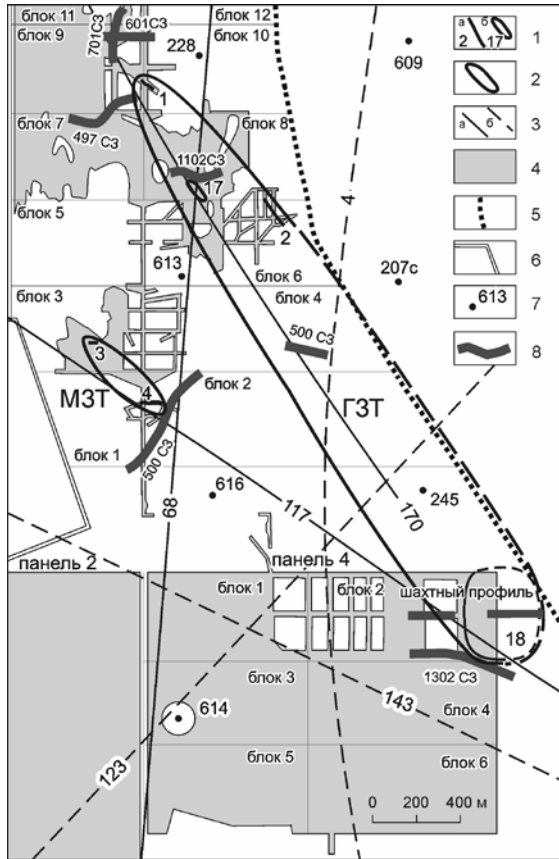


Рис. 4.22. Схема зон трещин скола в пределах восточного фланга шахтного поля СКПРУ-3: 1 – одиночные трещины скола (а) и участки трещиноватости (б) и их номера; 2 – зоны трещиноватости: главная (ГЗТ) и малая (МЗТ); 3 – разломы: достоверные (а) и предполагаемые (б); 4 – выработанное пространство по горизонту пласта АБ по состоянию на 01.01.04; 5 – граница ведения горных работ; 6 – граница предохранительного целика под промплощадку; 7 – скважины, пробуренные с поверхности и их номера; 8 – участки волновых аномалий в интервале соляного комплекса пород и номера профилей

поломки при обрезке и т.п.) наиболее изученными оказались красные сильвиниты слоя 3 пласта КрII, полосчатые сильвиниты пласта А и каменная соль пласта Б-В. На основе фактических данных было построено шесть карт изолиний предела прочности на сжатие ($\sigma_{сж}$) и модуля деформации на пределе упругости (D_y) для пластов КрII, А и Б-В.

Анализ этих карт показал, что в структуре полей $\sigma_{сж}$ и D_y трудно выделить какую-либо закономерность. Ничего определенного нельзя сказать и о положении зон трещиноватости в этих полях. Более того, отсутствует какая-либо унаследованность в структуре полей и по разрезу, что обусловлено, вероятнее всего, разной сетью наблюдений для отмеченных пластов (разным количеством точек наблюдений и расположением их в плане). Расчеты показали, что если учитывать только сопряженные в плане наблюдения, то между полями имеется четкая согласованность. Так, коэффициент корреляции между значениями $\sigma_{сж}$ трех рассматриваемых пластов колеблется от +0,62 до 0,74, для D_y он составляет +0,45÷+0,52, а между $\sigma_{сж}$ и D_y – +0,49÷+0,74.

Выявленная согласованность физико-механических свойств дала возможность получить интегральный параметр (обозначим его через К), учитывающий всю имеющуюся информацию. С этой целью были рассчитаны нормированные по среднеквадратическому отклонению значения исходных фактических данных. Затем, поделив сумму полученных нормированных значений для каждой скважины на количество учтенных параметров (2, 4 или 6), получаем значения К, по которым построена карта изолиний (рис. 4.23).

Первое, что обращает на себя внимание на этом рисунке, это четко выраженная полоса повышенных значений физико-механических параметров соляных пород, прослеживающаяся в северо-западном направлении через №№ 348 (юг), 399, 508, 370а, 328 (север). Ширина этой полосы постепенно увеличивается в юго-восточном направлении и достигает максимума (≈ 650 м) на линии скважин №№ 504-348-298. Отметим, что здесь же скважиной № 348 выявлено максимальное значение К, достигающее +1,31. Важной особенностью этой крупной линейной структуры поля К является ее асимметрия. Градиент значений К (рассчитанный в интервале

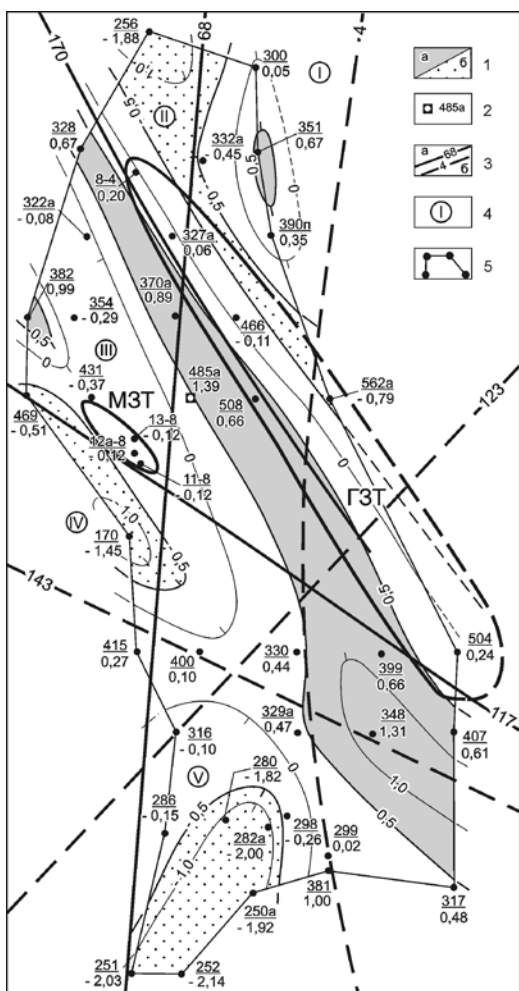


Рис. 4.23. Карта изолиний параметра К, зон трещиноватости и разломов (восточный фланг шахтного поля СКПРУ-3): 1 – участки повышенных (а) и пониженных (б) значений механических свойств пород; 2 – скважина с аномальным значением механических показателей пород; 3 – разломы: до-стойверные (а) и предполагаемые (б); 4 – блоки и их номера; 5 – контур площади изученных механических свойств пород

изолиний $-0,5 \div +0,5$) на ее северо-восточном обрамлении составляет в среднем 0,40 на 100 м, а на юго-западном – 0,24.

Интересно отметить, что структура поля К в целом не согласуется с

расположением осей разломов, хотя отдельные элементы, говорящие о каких-то закономерностях, все же имеются. Одной из них является практически идеальное совпадение простираний восточной границы крупной положительной аномалии и оси достоверного разлома № 170 (ось разлома почти совпадает с изолинией К равной +0,5). Но самой важной особенностью является то, что ГЗТ приурочена к северо-восточному «склону» крупной линейной положи-

тельной аномалии прочных характеристик соляных пород, параллельна ей.

Таким образом, проведенными исследованиями впервые для Верхнекамского месторождения солей установлена пространственная связь между зоной трещиноватости в соляной толще и конкретным крупным разрывным нарушением (разломом), а также приуроченность этой зоны к крутому «склону» линейной положительной аномалии прочностных характеристик соляных пород.

Исследования трещин в пределах восточной части шахтного поля СКПРУ-3 позволяют сделать ряд выводов, основными из которых являются:

- подавляющее большинство секущих трещин развито в интервале разреза от подошвы пласта А до кровли пласта Б-В;

- все секущие трещины имеют тектоническое происхождение, т.е. являются естественными, на что указывают следующие факты: вторичная минерализация, развитая на их стенках; заполненность газами под большим давлением; их ориентировка в пространстве, не связанная с геометрией подземных горных выработок;

- трещины отрыва характеризуются большим диапазоном простираения (от северо-западного до северо-восточного), нежели трещины скола;

- трещины скола развиты в относительно жестких породах (каменная соль, пестрый и полосчатый сильвиниты);

- отмечается различие простираений осей складок и трещин скола;

- соляные породы блоков, расположенных между визуально наблюдаемыми трещинами скола, характеризуются скрытой трещиноватостью (кливажем), ориентировка которой в пространстве аналогична ориентировке основных трещин. В результате ведения горных работ трещины кливажа могут раскрыться;

- основная зона развития сколовых трещин приурочена к северо-восточному краю участка повышенных значений физико-механических параметров соляных пород и, скорее всего, генетически связана с разломом, проявляющимся в нескольких геолого-геофизических полях.

Проявление разлома в надсолевом комплексе пород

В начале мая 1999 г. от жителей пос. Нов. Зырянка (южная окраина г. Березников) стали поступать сообщения о появлении про-

валов земной поверхности. Специальными поисками, проведенными в этом районе (Кудряшов, 1999а, 1999б), выявлено, что провалы образуют полосу субширотного простираения, которая прослежена на расстоянии 1,3 км от основания восточного борта долины р. Кряжевка через южную часть пос. Нов. Зырянка и далее в северо-восток-восток (рис. 4.24). Всего обнаружено 50 провалов и 14 соединяющих их линейных понижений земной поверхности. Все провальные образования находятся в пределах влияния горных работ рудника БКПРУ-1 (рис. 4.25).

Форма одиночных провалов в плане – неправильный круг диаметром до 2,5 м или овал с длинной осью до 4,5 м. Глубина прова-

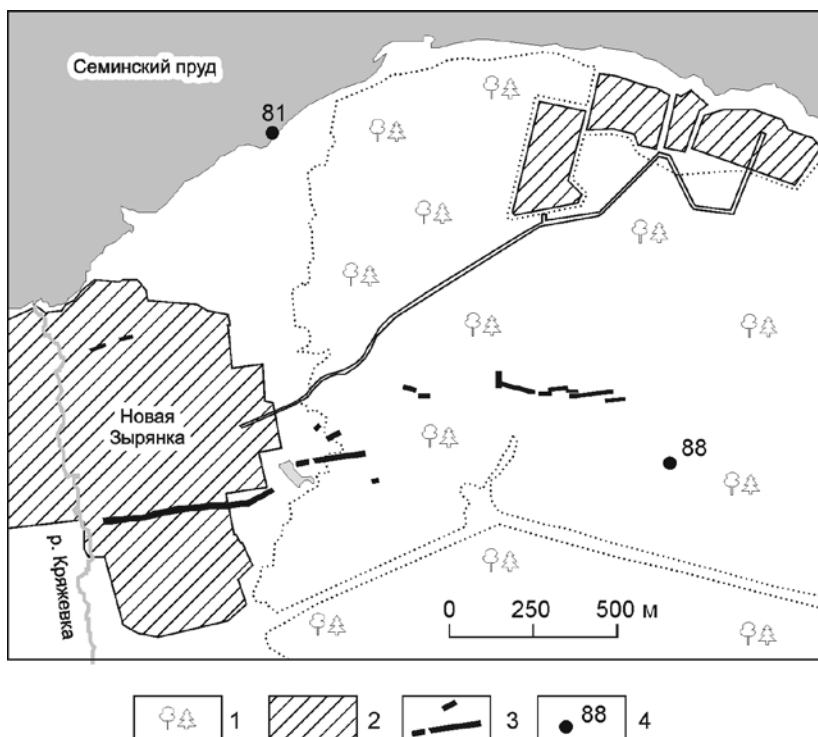


Рис. 4.24. Схема расположения провалов земной поверхности: 1 – лесной массив; 2 – жилые застройки; 3 – провальные образования; 4 – солеразведочные скважины и их номера

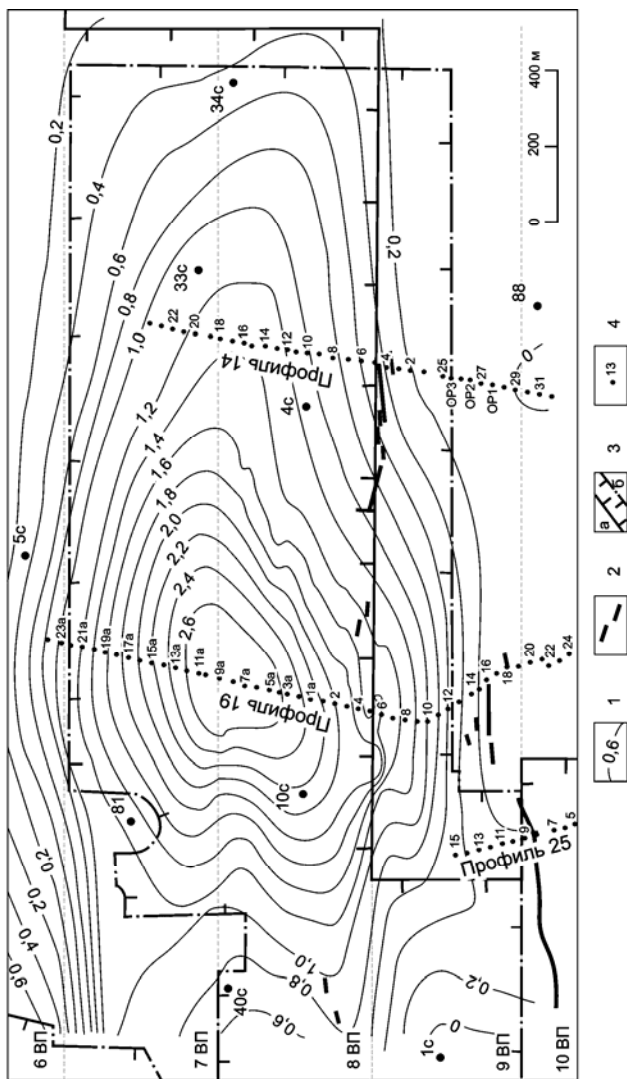


Рис. 4.25. Изолинии оседаний дневной поверхности в пределах северного фланга юго-восточной части шахтного поля БКПРУ-1 (по материалам рудника): 1 – изолинии оседаний; 2 – линии провальных образований; 3 – границы отработки пласта КрП (а) и В (б) по состоянию на май 1999 г.; 4 – реперы маркшейдерских профилей

лов – 0,3-4,0 м. В большинстве случаев провалы соединены линейными корытообразными проседаниями земной поверхности глубиной 5-100 см, длиной 12-150 м, при ширине 1-10 м (обычно 1-1,5 м). Линейные проседания часто обрамлены трещинами. Слияние ряда провалов образует траншеи длиной до 30 м. Примеры провалов приведены на рис. 4.26.

По относительному расположению провалы условно разделены на три группы – западную, центральную и восточную (рис. 4.27). Общей особенностью провалов восточной группы является то, что они образовались на два-три года раньше, чем провальные образования западного и центрального участков. Разница в возрасте легко определяется по состоянию стенок провалов, потемнению мест разрывов корней деревьев, наличию на их дне старых листьев и другим признакам.

Анализ фактических данных маркшейдерских наблюдений показал, что максимальные горизонтальные деформации в районе мульды оседания характерны для следующих интервалов: Rp 4-5 (профиль 14); Rp 15-16, Rp 16-17, Rp 17-18 (профиль 19); Rp 6-7 (профиль 25) (положение профилей см. на рис. 4.25).

Изменение деформации земной поверхности в приведенных интервалах во времени показано на рис. 4.28. На этом рисунке видно, что в интервале Rp 4-5 (профиль 14) растяжение монотонно возрастало вплоть до 1995 г., когда оно составило 6,74 мм/м (в абсолютном выражении 21,6 см). После 1995 года на профиле идут процессы сжатия. На профиле 19 растяжение в интервале Rp 15-16 в 2001 году, по-видимому, достигло максимума, так как в 2002 году отмечено сжатие. Для интервала Rp 17-18 (расположенных южнее Rp 16) продолжается растяжение, которое уже превысило максимальную деформацию между Rp 15-16. Интервал между Rp 6-7 профиля 25 в настоящее время характеризуется быстрым нарастанием горизонтальной деформации растяжения. Вследствие относительно недавнего заложения этого профиля (2000 г.) общее растяжение осталось неизвестным.

Таким образом, интервалы с максимальным горизонтальным растяжением дневной поверхности находятся на участках профилей в месте их пересечения линий провалов. Со временем максимумы растяжения смещаются на юг, т.е. в сторону нетронутого массива. На восточном фланге южной краевой части мульды оседания про-

а



б



Рис. 4.26. Примеры провалов: в лесу (а) и на открытой местности (б) (фото Ю.Н. Морозкиной)

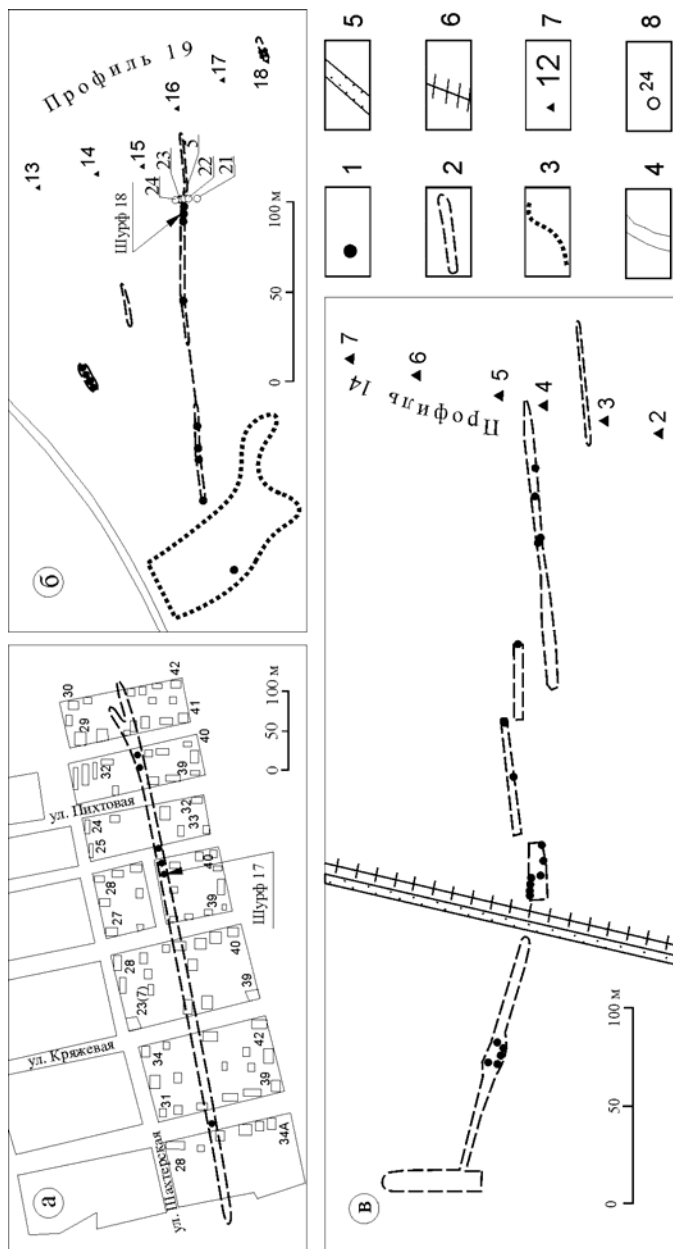


Рис. 4.27. Схемы расположения основных частей западной (а), центральной (б) и восточной (в) групп провалов: 1 – провалы; 2 – контуры корытообразных понижений; 3 – контур пруда; 4 – дорога в пионерлагерь; 5 – ров; 6 – земляной вал; 7 – реперы маршейдерских профилей; 8 – скважины ПГСП «Геокарта»

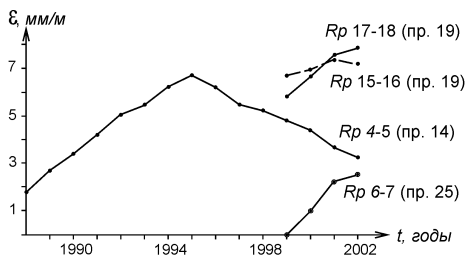


Рис. 4.28. Изменение деформаций растяжения дневной поверхности во времени (пояснения в тексте)

цессы растяжения завершились, в средней части – завершаются, на западном фланге – идет интенсивное наращивание горизонтальных деформаций растяжения. Можно предположить, что на западном фланге (в р-не профиля 25) процесс растяжения начался позже.

Геофизические исследования проведены, главным образом, в р-не западной группы провалов (в пос. Нов. Зырянка). По данным сейсморазведочных и электроразведочных работ (Колесников, 1999; Санфиоров, 1999), в верхней (приповерхностной) части разреза в коренных породах (до глубины 65 м) обнаружена серия субширотных линейно вытянутых элементов.

При проходке ряда шурфов были получены интересные сведения о структуре коренного ложа под провалами, представленного породами верхней пачки СМТ. Так, забоем шурфа № 17, пройденного в пос. Нов. Зырянка (см. рис. 4.27а), в коренных породах вскрыта трещина шириной 0,2 м и прослеженная на глубину до 3,0 м. В интервале 0-2,4 м трещина выполнена мелким песком; 2,4-3,0 м – смесью песка и суглинка. Шурф № 18 (см. рис. 4.27б) вскрыл трещину шириной 0,7 м, которая прослежена на глубину 5,7 м. Сверху трещина заполнена мягкопластичным суглинком (с глубины 2,8 м грунт переувлажнен до состояния текучего), а с глубины 4,0 м – дресвой и щебнем мергеля. Наличие глубоких трещин в коренных породах под линиями провалов подтверждено бурением скважин (рис. 4.29).

На основании результатов наших работ и всей совокупности фактического материала, полученного другими исследователями, природа провальных образований р-на пос. Нов. Зырянка может быть представлена следующим образом.

В результате палеотектонических движений по Зырянской зоне разломов в массиве надсолевого комплекса пород сформировалась серия зон повышенной трещиноватости субширотной ориентировки. После отработки промышленных пластов подработанная тол-

148

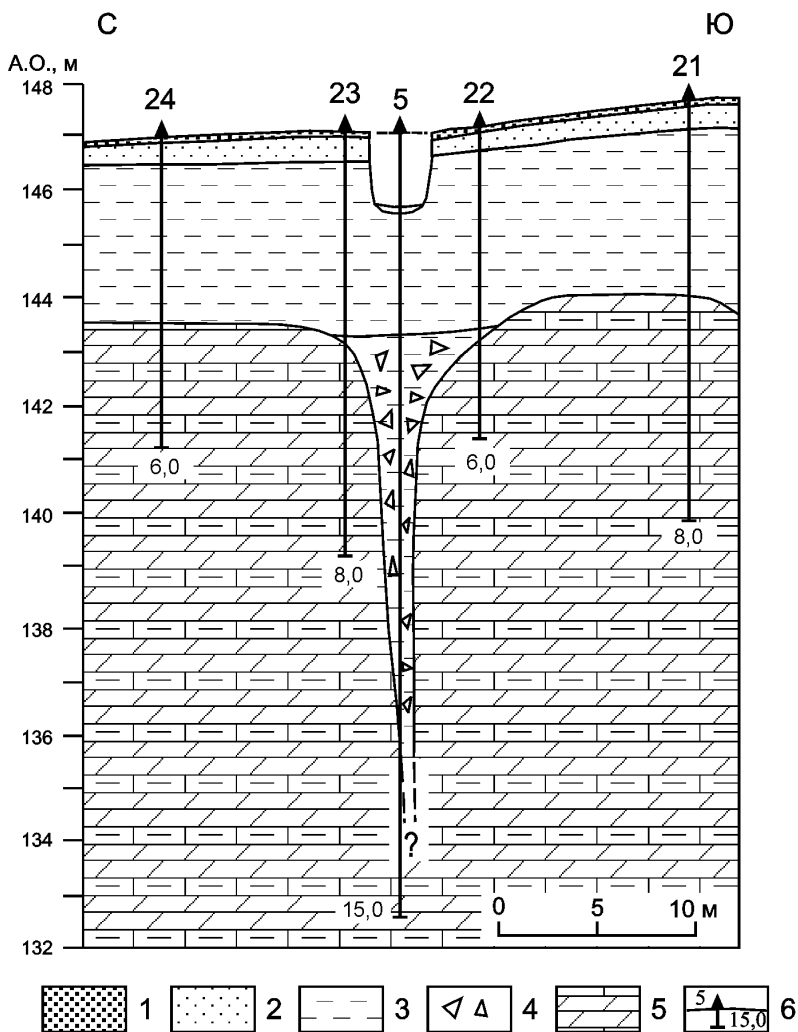


Рис. 4.29. Геологический разрез по линии картировочных скважин в районе центральной группы провалов. (Харитонов, 1999, с изменениями): 1 – почвенно-растительный слой; 2 – песок; 3 – глина; 4 – дресва и щебень; 5 – известняк; 6 – скважина, ее номер и глубина

ща испытывала опускание (ускоренное против расчетного) и, как следствие, в краевых частях мульды оседания в массиве пород сформировались растягивающие напряжения. При обычных геологических условиях, характерных для ВКМС, и других сочетаниях ориентировки границ длительной остановки отработки и систем трещин в надсолевой толще, растягивающие горизонтальные деформации не сопровождались образованием новых трещин. Наличие зоны природной повышенной трещиноватости, ориентированной вкрест направления растягивающих напряжений, привело к концентрации горизонтальных деформаций массива, реализуемых в форме раскрытия уже существующих трещин. Раскрытие этих трещин шло постепенно (в течение нескольких лет – см. рис. 4.28), пока не достигло некоторого предела, при котором начали рваться водопроводные трубы, проложенные вдоль улиц пос. Нов. Зырянка.

Раскрытие трещин в коренных породах вызвало концентрированную инфлюацию талых и дождевых вод и, следовательно, интенсивную суффозию. Трещины заполнялись, очевидно, не только по механизму суффозии, но и путем солифлюкции (гравитационное течение слабых грунтов в процессе их промерзания-оттаивания), а также простым обрушением пород. Главное направление движения мелких частиц грунта до уровня подземных вод – сверху вниз. Медленное движение подземных вод не могло обеспечить вынос мелких частиц на поверхность земли даже вблизи их (вод) выхода на поверхность, что подтверждается отсутствием в районе конусов выноса песчаных фракций.

Установление природы провалов в районе пос. Нов. Зырянка позволяет утверждать, что мы имеем дело с проявлением разлома в верхних частях надсолевого комплекса пород в форме зоны повышенной трещиноватости. Это вполне увязывается с тем, что район развития провалов находится в пределах Зырянской зоны разломов. Анализ описания керна скважин, пройденных в районе провалов, показал, что породам надсолевого комплекса присущ ряд признаков их вторичного изменения, наиболее частыми из которых являются интенсивная трещиноватость, пиритизация, загипсованность, наличие налетов гидроокислов железа и марганца на стенках трещин, присутствие битумов, арагонита, каверн, зеркал скольжения и т.п.

4.3. Некоторые особенности проявления разломов в строении соляной толщи

Как уже отмечалось, в настоящее время наименее изученной является разрывная тектоника, проявляющаяся в форме разломов со смещением, либо в виде ослабленных зон (зон брекчирования и зон трещиноватости). Роль и кинематика этой тектоники в формировании горно-геологических условий отработки ВКМС не ясна, но априорно можно утверждать, что она негативна, а наиболее опасными являются зоны трещиноватости. Отсюда важнейшая проблема – прогнозирование этих зон в соляной толще.

По мнению Г.Г. Кассина и В.В. Филатова, «... если трещинная зона выявлена в приповерхностных горизонтах и установлена ее принадлежность к области динамического влияния разлома фундамента, то можно утверждать, что эта зона является сквозной, пронизывающей все слои осадочного чехла. Такие зоны представляют большую угрозу для эксплуатации Верхнекамского месторождения...» [48, с. 218].

Результаты, полученные в ходе настоящих исследований, и опыт разработки ВКМС свидетельствуют о том, что это не совсем так. Действительно, подработка зон трещиноватости, развитых в надсолевом комплексе пород, несет определенную угрозу безопасности калийных рудников, о чем свидетельствуют результаты геомеханических расчетов: (Барях, Кудряшов, 1994) и [4]. Однако утверждать, что зона трещиноватости будет пронизывать всю соляную толщу, еще нет оснований.

Интересен факт: среди одиночных разломов, охватывающих интервал разреза ВКМС, в гидрогеологии надсолевого комплекса отражаются 27 разломов, а в строении соляной толщи – вдвое меньше (14) (см. прил. 4). Сопоставление схемы разломов с планами отработки показало, что многие достоверно выделенные разломы, пронизывающие весь осадочный чехол, подработаны без особых осложнений. Чтобы не быть голословными, приведем конкретные примеры таких разломов: № 24 (БКПРУ-4), № 26 (БКПРУ-2), № 98 (СКПРУ-1, СКПРУ-2), № 117 (СПКРУ-3), № 157 (БКПРУ-2) и др. Все эти структуры проявляются в гидрогеологии и (или) строении надсолевого комплекса, но не нашли отражения в строении соляной толщи, в том числе и промышленной зоны калийной залежи. Эти примеры свидетельствуют о некоторой парадоксальности ситуации – разломы сквозные, а в соляной толще они часто не проявляются.

Выше показано, что в ГАТ имеются крупные разрывные нарушения (разломы), которые иногда пронизывали и всю соленосную толщу. Они служили мощными зонами разгрузки подсолевых элизийонных вод, под действием которых была уничтожена калийная залежь [55, 56 и др.]. Однако такие разрывные нарушения немногочисленны: они развиты в зонах Боровицкого и Дуринского разломов и, по-видимому, под редкими сквозными зонами замещения (например, районы скв. 484 и 642). В большинстве случаев разрывные нарушения в ГАТ и, следовательно, в подошве ПДКС малоамплитудны (например, рис. 4.30) и служили местами проникновения подсолевых вод внутрь соляной тол-

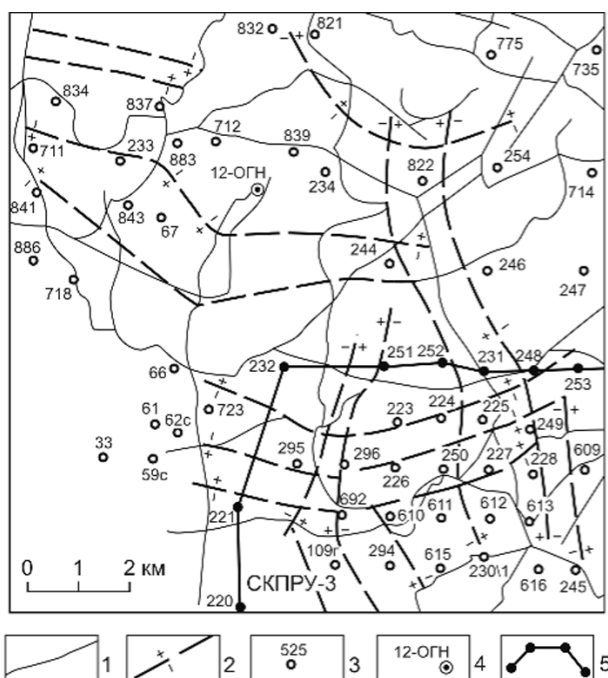


Рис.4.30. Фрагмент схемы вероятных разрывных нарушений кровли ГАТ района Клевовского купола и Тверитинской мульды, выделенных по данным сейсморазведки (Санфиоров и др., 1993): 1 – предполагаемые разрывные нарушения и направление смещения блоков; 2 – сейсмические профили; 3 – солееразведочная скважина; 4 – нефтееразведочная скважина; 5 – граница шахтного поля

щи. Внутри толщи эти воды мигрировали по системе трещин, которые развивались путем гидроразрыва в условиях влияния латерального тектонического давления со стороны Урала (Кудряшов, 1993, 1994).

Поступление и миграция подсолевых вод в соляной толще вели к замещению продуктивных пород каменной солью, силвинитизации карналлитов и перекристаллизации пород с образованием вторичных структур и текстур. После прекращения поступления подсолевых вод соляная толща «изгоняла» остаточные растворы (вторично уплотнялась). Известно, что в присутствии даже небольшого количества водных растворов галит и другие хлориды резко снижают вязкость. Поэтому в ходе вторичного уплотнения соляной толщи закрывались трещины и крупные поры. Процесс вторичного уплотнения не был мгновенным, а продолжался некоторое геологическое время, когда восстанавливались межзеренные структурные связи. Таким образом, поступление водных растворов внутрь солей по системе трещин над разрывным нарушением в ГАТ нивелировало негативное влияние тектонических подвижек на разрывную структуру соляной толщи в целом. Сейчас это влияние проявляется в изменчивости минерального состава продуктивных пластов, снижении физико-механических свойств пород на участках их вторичной перекристаллизации, относительно повышенной складчатости и наличии очагов внезапных выбросов соли и газа [55]. Почти все эти особенности могут быть учтены при расчете параметров системы отработки. Встреча зон секущей трещиноватости в соляной толще на участках былой миграции водных растворов маловероятна.

В других случаях, когда подвижки в зонах разломов были малоамплитудны, но обладали большой скоростью, в соляной толще могли образоваться зоны трещиноватости, которые в силу изолированности не служили сквозными проводниками подсолевых вод. Трещины могут образоваться по механизму отрыва или скола, быть сомкнутыми или раскрытыми. Часто такие трещины сухие, а при их вскрытии имеют место кратковременные интенсивные газовыделения. В отсутствии воды эти трещины могут оставаться незалеченными неопределенно долгое время. Наиболее опасными являются системы секущих трещин скола, так как они существенно ослабляют подрабатываемый массив, а методики их прогнозирования в настоящее время нет.

И, наконец, третий вариант – сквозной разлом в строении соляной толщи вообще не проявляется (или, может быть, мы просто не можем увидеть это проявление с помощью современных методов). По-видимому, это возможно только при таких режимах подвижек, когда трещины образуются в жестких (карбонатных и терригенных) породах, но не в пластичных солях.

Однако научное объяснение – еще не решение практического вопроса. Для этого необходимо знать историю тектонических движений в регионе и кинематику образования каждого разлома. Последнее, однако, возможно только при детальнейшем изучении (исследовании) конкретного разлома в пределах шахтного поля с учетом всего имеющегося материала.

Несомненно, разломы влияли и на интенсивность выщелачивания солей надсолевыми водами, о чем свидетельствуют случаи несоответствия положения соляного зеркала относительно внутренней структуры соляной толщи (например, Клестовский, Пашковский и другие купола) (Кудряшов, Романов, 2002). Так, на рис. 4.31 видно, что соляное зеркало на участке, где оно представлено ПдКС (р-н скв. 712), занимает не самое высокое положение. Здесь вершина купола по соляному зеркалу смещена на запад относительно внутренней структуры соляной толщи (р-н скв. 233), а в ее разрезе имеются продуктивные породы, гипсометрически залегающие выше, чем отметка соляного зеркала в районе скв. 712. Это несоответствие может быть объяснено тем, что здесь в надсолевом комплексе пород имеется разрывное нарушение и, вследствие этого, инфильтрационные воды имели здесь лучший доступ к солям, нежели в районе скв. 233.

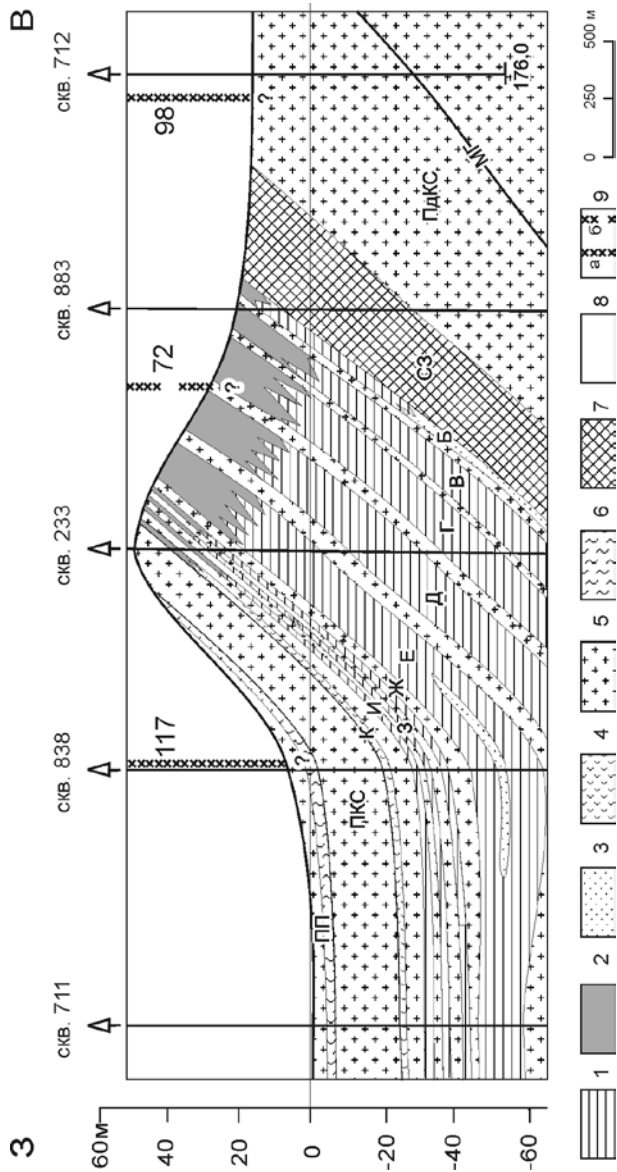


Рис. 4.31. Геологический разрез верхней части соленосной толщи по линии скважин 711-712 (Клестовский купол): 1 – карналитовая порода; сильвинит: 2 – гипергенный; 3 – пестрый; 4 – замещения; 5 – нормальная садки; 6 – мергель; 7 – сильвинитовая зона; 8 – породы надсолевого комплекса; 9 – разломы: достоверные (а) и предполагаемые (б) и их номера

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе приведен новый фактический материал, свидетельствующий о наличии разрывных нарушений в разрезе Верхнекамского месторождения солей, и предложена новая общая схема разломов его центральной и южной частей. Особенностью этой схемы является то, что при ее составлении были учтены результаты всех предыдущих геолого-геофизических исследований, проведенных в этом районе.

В разрезе месторождения разломы проявляются неодинаково. В надсолевом комплексе пород они проявляются в форме систем трещин, которые при определенных условиях способны раскрываться под влиянием ведения горных работ. Над приоткрывшимися трещинами, являющимися мощными дренами метеорных вод и вместилищами сносимых этими водами рыхлых четвертичных отложений, формируются провалы дневной поверхности.

В соляной толще разломы могут проявляться в форме линейных зон открытых и скрытых трещин скола, представляющих наибольшую опасность для калийных рудников. Эти зоны хорошо фиксируются малоуглубинной сейсморазведкой и совпадают с зонами больших градиентов прочностных свойств соляных пород.

Крупные разрывные нарушения имеются и в подсолевой толще, но их выявление представляет наибольшие сложности. Самые значительные из них фиксируются по структуре кровли глинисто-ангидритовой толщи и зонам тектонического брекчирования ее пород.

Всесторонний анализ положений и следствий концепции региональных надвигов с использованием конкретного фактического материала, отражающего элементы геологического строения соляной толщи, термодинамических и физико-химических расчетов, показал, что в разрывной структуре Верхнекамского месторождения солей нет места субмеридиональным региональным надвигам и связанному с ними «термодинамометаморфизму». В связи с этим

предлагается исключить из действующих «Указаний..., 2004» положения, основанные на концепции региональных надвигов.

Для получения знаний о генезисе разрывных структур месторождения предстоит сделать еще очень многое. Представляется, что первоочередной работой должен стать анализ оседания земной поверхности и сроков службы подземных горных выработок на участках подработки разломов с учетом всех первичных данных (геологическая документация горных выработок, акты обследования их состояния, результаты режимного нивелирования по профилям и др.).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ажгирей Г.Д.** Структурная геология. - М.: МГУ, 1966.
2. **Ажгирей Г.Д.** Тектоника // Общая геология. - М.: Просвещение, 1974. - С. 258-285.
3. **Андрейчук В.Н.** Березниковский провал. - Пермь: УрО РАН, 1996. - 133 с.
4. **Барях А.А.** Геомеханические аспекты защиты калийных рудников от затопления // Изв. ВУЗов. Горный журнал. Уральское горное обозрение. - 1995. - № 6. - С. 185-192.
5. **Белоликов А.И., Сапегин Б.И.** Верхнекамское калийное месторождение // Проблемы прогноза, поисков и разведки месторождений горнохимического сырья СССР. - М.: Недра, 1971. - С. 193-209.
6. **Белоусов В.В.** Тектонические разрывы, их типы и механизм образования: Тр. геофиз. ин-та. № 17 (144). - М.: АН СССР, 1952.
7. **Белоусов В.В.** Геотектоника. - М.: МГУ, 1976.
8. **Бельтюков Г.В.** Карстовые воды Верхнекамского соленосного бассейна // Карст Урала и Приуралья. - Пермь, 1968. - С. 49-51.
9. **Бельтюков Г.В.** Надсолевые рассолы Верхнекамского соленосного бассейна // Формирование подземных вод артезианских бассейнов. - Л., 1968. - С. 57-59.
10. **Бельтюков Г.В.** К гидрогеохимии седиментационных рассолов соляных месторождений // Геохимия. - 1970. - № 9. - С. 1131-1135.
11. **Бельтюков Г.В.** Подземные воды и карст Верхнекамского соленосного бассейна: Автореф. дис. ... канд. г.-м. наук. - Пермь: ПГУ, 1975.
12. **Бельтюков Г.В.** Геоморфологические особенности территорий распространения соляного карста // Основные направления развития геоморфологической теории: Тез. докл. к 17 пленуму Геоморфол. комиссии АН СССР. - Новосибирск, 1983. - С. 20-23.
13. **Бельтюков Г.В.** Бром в рассолах Верхнекамского соленосного бассейна // Состав и условия образования морских и конти-

ментальных галогенных формаций. - Новосибирск: Наука, 1991. - С. 59-64.

14. **Бельтюков Г.В.** Карстовые и гипергенные процессы в эвапоритах: Автореф. дис. ... докт. г.-м. наук. - Пермь: ПГУ, 2000.

15. **Большой энциклопедический словарь.** - М.: Большая Российская энциклопедия; С-Пб.: Норинт, 1997.

16. **Боронин В.П., Степанов В.П., Гольштейн Б.Л.** Геофизическое изучение кристаллического фундамента Татарии. - Казань: Казанский ун-т, 1982.

17. **БСЭ.** Изд. 3-е. - М.: Сов. энциклопедия, 1970-1974.

18. **Буданов Н.Д.** Гидрогеология Урала. - М.: Наука, 1964. - 304 с.

19. **Буялов Н.И.** Структурная и полевая геология. - М.: Гостоптехиздат, 1956.

20. **Варов А.А.** Гидрогеологические исследования в Прикамском соленосном районе летом 1927 г. // *Материалы по общей и прикладной геологии.* - Л.: Геол. Комитет. - 1928. - Вып. 106. - С. 33-55.

21. **Вахрамеева В.А.** Трещиноватость соляных пород карналитовой зоны Верхнекамского месторождения // *Тр. ВНИИГ.* - 1959. - Вып. 35. - С. 251-273.

22. **Вишневский П.В.** Выделение дизъюнктивных нарушений на Верхнекамском месторождении калийных солей по результатам обработки геофизических наблюдений // *Тр. Геол. ин-та.* - Казань, 1970. - Вып. 21. - С. 51-55.

23. **Всеволожский В.А.** Подземный сток и водный баланс платформенных структур. - М.: Недра, 1983.

24. **Гаврилов В.П.** Влияние разломов на формирование зон нефтегазоаккумуляции. - М.: Недра, 1975.

25. **Геологические аспекты проблемы безопасной эксплуатации калийных рудников** / Джиноридзе Н.М., Павленский А.Н., Плотников Ю.А. и др. // *Геофизические аспекты изучения геологического строения калийных солей.* - Л.: ВНИИГ, 1989. - С. 23-52.

26. **Геологический словарь.** - М.: Недра, 1973.

27. **Гидрогеологические исследования надсолевых пород и перспективы повышения извлечения калийных руд в условиях Верхнекамского месторождения** / Роткин С.М., Липницкий В.К.,

Голубев Б.М. и др. // Пути снижения потерь при добыче калийных руд. - Л.: ВНИИГ, 1978. - С. 84-91.

28. **Гидрогеология СССР**. Т. XIV: Урал. - М.: Недра, 1972.

29. **Голубев Б.М.** Особенности внутреннего строения соляной толщи Верхнекамского месторождения // Проблемы соленакопления, Т. 2. - Новосибирск: Наука, 1977. - С. 115-118.

30. **Голубев Б.М.** Строение соляной толщи Верхнекамского месторождения: Автореф. дис. ... канд. г.-м. наук. - Пермь: ПГУ, 1972.

31. **Голубев Б.М.** Пласт сильвинита $KrIV$ как показатель начала калийного седиментогенеза на локальной площади Верхнекамского солеродного бассейна // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского: Сб. науч. статей.- Пермь: Пермск. ун-т. - 2004. - Вып. 6. - С. 275-280.

32. **Горная энциклопедия: В. 5 т.** - М.: Сов. энциклопедия, 1985-1991. - Т. 1-5.

33. **Джиноридзе Н.М.** Предисловие // Тектоника, минералообразование и их значение в решении проблемы безопасной эксплуатации месторождений калийных солей. - СПб: ВНИИГ, 1992. - С. 3-5.

34. **Джиноридзе Н.М., Аристаров М.Г., Леонкин Е.И.** Стратегия геолого-геофизического обеспечения безопасной эксплуатации Верхнекамского месторождения // Актуальные вопросы добычи и переработки природных солей: Сб. научн. тр. Т. 1. Добыча природных солей. - СПб.: Лик, 2001. - С. 169-189.

35. **Дир У.А., Хауи Р.А., Зусман Д.** Породообразующие минералы. Т. 5. - М.: Мир, 1966.

36. **Егер Г.** Предварительный отчет по геологическим работам в Соликамском районе летом 1926 г. // Материалы по исследованию Прикамского соленосного района. Вып. II. - Л.: Изд. Геологич. Комитета, 1927. - С. 41-60.

37. **Зоны разрывных и флексурно-складчатых дислокаций на Верхнекамском месторождении калийных солей: парагенез с аномальным типом строения и состояния пород водозащитной толщи, природа и время образования** / Джиноридзе Н.М., Киселева О.В., Мелкова Н.В. и др. // Тектоника, минералообразование и их значение в решении проблемы безопасной эксплуатации месторождений калийных солей. - СПб.: ВНИИГ, 1992. - С. 55-98.

38. **Иванов А.А.** Верхнекамское месторождение калийных солей по материалам геолого-разведочных работ, произведенных за период с 1 октября 1927 г. по 1 января 1931 г. (Тр. Всесоюз. ГРО НКТП СССР, вып. 232).- М.-Л.: Гос. НТГРИ, 1932.

39. **Иванов А.А.** О воде и рассолах месторождений калийных солей (авторизованный пер. ст. Б. Баумерта) // Калий. - № 5. - С. 3-15; № 6. - С. 3-9. 1934.

40. **Иванов А.А., Воронова М.Л.** Верхнекамское месторождение калийных солей. - Л.: Недра, 1975.

41. **Изучение ионно-солевого комплекса пород как один из методов прогнозирования гидрохимических разрезов (на примере надсолевой толщи Верхнекамского месторождения калийных солей)** / Мартынова М.А., Егоров Ю.М., Бондаренко С.Н. и др. // Гидрогеология и гидрогеохимия. - Л.: ЛГУ, 1976. - С. 75-82.

42. **Икинз П.Р.** Разломы и разломообразование // Структурная геология и тектоника плит: Т. 2. - М.: Мир, 1990. - С. 230-244.

43. **Иконников Е.А.** Картирование водообильных зон при гидрогеологической съемке // Разведка и охрана недр. - 1976. - № 4. - С. 51-55.

44. **Иконников Е.А., Ревин А.В.** Влияние локальных структур на формирование подземных вод зоны активного водообмена в условиях Предуральяского прогиба // Тез. докл. V Уральской конференции молодых геологов и геофизиков. - Свердловск, 1976.

45. **Инструкция по защите рудников от затопления** и охране объектов на земной поверхности от вредного влияния подземных горных разработок в условиях Верхнекамского месторождения калийных солей. - СПб., 1994.

46. **Казицын Ю.В., Москалева В.Н., Рудник В.А.** Метасоматоз (метасоматизм) // Геологический словарь. - М.: Недра, 1973. Т. 1. - С. 437-438.

47. **Кассин Г.Г., Филатов В.В.** Геодинамический анализ Верхнекамского месторождения калийных солей по геофизическим данным // Геофизические аспекты изучения геологического строения калийных солей. - Л.: ВНИИГ, 1989. - С. 75-84.

48. **Кассин Г.Г., Филатов В.В.** Методика и результаты изучения трещиноватости осадочных пород Верхнекамского месторождения калийных солей // Изв. УГГА, вып. 15. Сер. Геология и геофизика, 2002. - С. 214-219.

49. **Келли В.К.** Трещины и разрывы // Структурная геология и тектоника плит. - М.: Мир, 1990. - Т. 3. - С. 233-243.

50. **Копнин В.И.** Закономерности формирования Верхнекамского месторождения солей: Автореф. дис. ... канд. г.-м. наук. - М.: ГИ АН СССР, 1966.

51. **Копнин В.И.** Верхнекамское месторождение калийных, калийно-магниевых и каменных солей и природных рассолов // Изв. ВУЗов. Горный журнал. Уральское горное обозрение. - 1995. - № 6. - С. 10-43.

52. **Копнин В.И., Молоштанова Н.Е.** К вопросу о минеральном составе сильвинитовых руд Верхнекамского месторождения // Тр. ИГиГ. - 1980. - Вып. 439. - С. 44-47.

53. **Критерии и концептуальная основа геологического прогнозирования безопасной эксплуатации Верхнекамского месторождения калийных солей** / Джиноридзе Н.М., Поликарпов А.И., Раевский В.И. и др. // Проблемы комплексного изучения водозащитной толщи на месторождениях калийных солей: Материалы третьего регионального совещ. - Пермь: УФ ВНИИГ, 1991. - С. 3-13.

54. **Кудряшов А.И.** Роль подземных вод в формировании калийной залежи Верхнекамского месторождения // Гидрогеология и карстоведение. - Пермь, 1975. - Вып. 7.- С. 66-76.

55. **Кудряшов А.И.** Верхнекамское месторождение солей. - Пермь: ГИ УрО РАН, 2001.

56. **Кудряшов А.И., Молоштанов В.А.** Роль глубинного карста в формировании широтных структур Верхнекамского месторождения солей // Вестник Пермского ун-та. Вып. 3. Геология, 1999. - С. 207-216.

57. **Кузнецов А.М., Бельтюков Г.В., Кузнецов В.А.** Межсолевые рассолы Верхнекамского месторождения калийных солей // Гидрогеология и карстоведение. - Пермь, 1971. - Вып. 4.- С. 137-143.

58. **Кушнарев И.П.** Методы изучения разрывных нарушений. - М.: Недра, 1977.

59. **Кушнарев И.П., Мельникова К.М.** Методы структурной геологии и геологического картирования. - М.: Недра, 1984.

60. **Лахи Ф.** Полевая геология. Т. 1. - М.: Мир, 1966.

61. **Лыкошин А.Г.** Трещины бортового отпора // Бюл. МОИП. Т. 28, вып. 4. 1953.
62. **Максимович Г.А., Михайлов Г.К.** Гидрогеологические методы поисков локальных платформенных структур // Тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. совещ. по инженерной геологии и гидрогеологии. – М: Ереван, 1963.
63. **Максимович Г.А., Михайлов Г.К.** Опыт структурно-гидрогеологических исследований в Среднем Прикамье // Гидрогеология и карстование. - Пермь, 1966. - Вып. 3.
64. **Маловичко А.К., Гершанок Л.А.** Магниторазведка. Часть II. Интерпретация магнитных аномалий: Учеб. пособие. - Пермь, ПГУ, 1993.
65. **Медведев И.И., Полянина Г.Д.** Газовыделения на калийных рудниках. - М., Недра, 1974. - 166 с.
66. **Международный тектонический словарь.** - М.: Мир, 1991.
67. **Методические указания по гидрогеологической съемке на закрытых территориях в масштабах 1:500000, 1:200000 и 1:50000 (варианты гидрогеологических карт).** - М.: Недра, 1969.
68. **Методическое руководство по изучению планетарной трещиноватости и линеаментов** / Под ред. С.С. Шульца. - Л.: ЛГУ, 1977.
69. **Методы выявления и трассирования разрывных нарушений в Самарском Поволжье** / Шашель А.Г., Шиповский А.П., Александров А.А. и др. // Геология нефти и газа. - 1998. - № 12. - С. 18-24.
70. **Мигунов Л.В.** О гидрогеологическом расчленении пермских надсоляных отложений Соликамского района // Вопр. гидрогеологии. - М.: МГУ, 1977. - С. 182-190.
71. **Мигунов Л.В.** Формирование гидрогеохимических условий пермских отложений центральной части Соликамской впадины (в связи с проектированием Верхнекамской ГЭС): Автореф. дис. ... канд. г.-м. наук. - М.: 1977. - 27 с.
72. **Мигунов Л.В.** Новые сведения по геологии и гидрогеологии Верхнекамского района // Бюл. МОИП. Отд. геол. Т. 55, вып. 5. 1980. - С. 106-117.
73. **Мигунов Л.В.** Формирование химического состава подземных вод и инфильтрационной минеральной зональности надсоле-

вой толщи в Верхнекамском районе // Изв. ВУЗов. Геология и разведка. - 1994. - № 4. - С. 110-120.

74. **Михайлов А.Е.** Структурная геология и геологическое картирование. - М.: Недра, 1973.

75. **Михайлов А.Е.** Структурная геология. - М.: Недра, 1984.

76. **Мушин И.А., Корольков Ю.С., Чернов А.А.** Выявление и картирование дизъюнктивных дислокаций методами разведочной геофизики. - М.: Научный мир, 2001.

77. **Невский В.А.** Трещинная тектоника рудных полей и месторождений. - М.: Недра, 1979.

78. **Несмелова З.Н.** О газах в калийных солях Березниковского рудника // Тр. ВНИИГ, 1959. - Вып. 35. - С. 206-243.

79. **ОСТ 41-05-263-86. Воды подземные, классификация по химическому составу и температуре.** - М., 1986. - 12 с.

80. **Островский Л.А.** Гидрогеодинамическая зональность равнинно-платформенных регионов // Теория и методы региональных гидрогеологических исследований. - М.: ВСЕГИНГЕО, 1985. - С. 96-102.

81. **Островский Л.А.** Гидрогеодинамическая зональность // Науч.-методические основы и практика регионального гидрогеологического изучения и картографирования: Материалы II Всеросс. науч.-практ. конф. - М.: ВСЕГИНГЕО, 2001. - С. 50-53.

82. **Островский Л.А. и др.** Принципы гидрогеологической стратификации бассейнов подземных вод: Методическое письмо. - М.: ВСЕГИНГЕО, 1988. - 31 с.

83. **Павлинов В.Н.** Структурная геология и геологическое картирование с основами геотектоники. Ч. 1. Структурная геология. - М.: Недра, 1979.

84. **Пейве А.В.** Глубинные разломы и их роль в строении и развитии земной коры. - М.: Наука, 1990.

85. **Петротектонические основы безопасной эксплуатации Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей / Джиноридзе Н.М., Аристаров М.Г., Поликарпов А.И. и др.** - С.-Пб.-Соликамск: ОГУП Солик. типография, 2000.

86. **Плюснин К.П.** Методика изучения тектонических структур складчатых поясов (на примере Урала). - Пермь, 1971.

87. **Плюснин К.П.** Эволюция кинематики и определение возраста разрывных структур Урала // Разломы земной коры Урала и методы их изучения. - Свердловск, 1983. - С. 13-23.

88. **Попов В.Г.** Гидрогеохимия и гидрогеодинамика Предуралья. - М.: Наука, 1985.

89. **Попов В.Г., Егоров Н.Н.** Гелиевые исследования в гидрогеологии. - М.: Наука, 1990.

90. **Попов В.Г., Яковлев Ю.А.** Особенности гидрогеохимической зональности Соликамской депрессии // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: Материалы региональной науч.-практ. конф. - Пермь, 2000. - С. 229-230.

91. **Потапов И.И.** Геотектоника. - Ростов н/Д: Ростовский ун-т, 1964.

92. **Преображенский П.И.** Геолого-разведочные работы на калий в Соликамском и Березниковском районах за период с 1 октября 1926 г. по 1 октября 1927 г.: Материалы по общей и прикладной геологии, Л.: Геол. Комитет, 1929. Вып. 126.

93. **Преображенский П.И.** Подземные воды Верхнекамского соленосного района // Водные богатства недр земли - на службу социалистическому строительству: Сб. - 1934. - № 4. - С. 53-62.

94. **Преображенский П.И.** Соленосные отложения западного склона Урала как база галургической промышленности // Бюл. Ин-та галургии. - 1938. - № 1. - С. 47-60.

95. **Проворов В.М.** Основные черты тектоники нижнепермских отложений и ее связь с глубинным строением Среднего Приуралья // Нижнепермские отложения Камского Предуралья. - Пермск. кн. изд-во, 1973. - С. 28-48.

96. **Пушаровский Ю.М.** Движущиеся континенты // Геотектоника. - 2004. - № 3. - С. 3-12.

97. **Роткин С.М., Шлендова Т.К.** Гидрогеологические особенности переходной толщи южной части Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей // Тр. ВНИИГ, 1972. - Вып. 56. - С. 59-64.

98. **Роткин С.М., Шлендова Т.К.** О гидрогеологическом разрезе надсолевых отложений средней части Верхнекамского калийного месторождения // Тр. ВНИИГ, 1972. - Вып. 60. - С. 168-172.

99. **Сапфиров Г.Н.** Структурная геология и геологическое картирование. - М.: Недра, 1965.

100. **Силин-Бекчурин А.И.** О куполовидном залегании минерализованных вод в долинах Камы и Волги // Сов. геология. - 1941. - № 4.

101. **Софроницкий П.А.** Восточная часть Русской платформы. Предуральский краевой прогиб // Геология СССР. Т. XII, ч. 1, кн.2. - М., Недра, 1969. С. 12-37.

102. **Справочник по растворимости.** Т. III. Кн. 2. - Л.: Наука, 1969.

103. **Справочник по тектонической терминологии.** - М.: Недра, 1970.

104. **Справочник физических констант горных пород.** - М.: Мир, 1969.

105. **Третьяков Ю.А., Сапегин Б.И.** Стратификация соляно-мергельной толщи района Верхнекамского месторождения калийных солей // Строение и условия образования соленосных формаций. Новосибирск: Наука, 1981. С. 52-59.

106. **Тяпкин К.Ф.** Физика Земли. - Киев: Вища школа, 1998.

107. **Тяпкин К.Ф., Гонтаренко В.Н.** Системы разломов Украинского щита. - Киев: Наукова думка, 1990.

108. **Уеда С.** Новый взгляд на Землю. - М.: Мир, 1980.

109. **Умура Т., Ивамацу А.** Трещины, разломы и поля напряжений // Геологические структуры. - М.: Недра, 1990. - С. 137-160.

110. **Файф У., Прайс Н., Томпсон А.** Флюиды в земной коре. - М.: Мир, 1981.

111. **Филатов В.В., Кассин Г.Г., Попов Б.А.** Геофизические исследования на Верхнекамском месторождении калийно-магниевого солей // Изв. вузов. Горный журнал (специальный выпуск: Уральское горное обозрение). - 1995. - № 6. - С. 150-162.

112. **Ходьков А.Е.** О генезисе рассолов Соликамско-Березниковского района // Тр. ВНИИГ, 1948. - Вып. XIX. - С. 160-173.

113. **Ходьков А.Е.** Вопросы формирования и использования естественных рассолов Верхнекамского месторождения // Тр. ВНИИГ, 1953. - Вып. 28. - С. 3-36.

114. **Ходьков А.Е.** Соляной карст Верхнекамского и Бахмутского районов и закономерности его развития // Спец. вопр. карстоведения: Тез. докл. III науч. совещ. по изучению карста. - М.: АН СССР, 1956. - С. 44-58.

115. **Ходьков А.Е.** Основные черты гидрогеологии важнейших эксплуатируемых соляных (калийных) месторождений // Материалы по гидрогеологии и геологической роли подземных вод. Л., ЛГУ, 1971. - С. 4-70.

116. **Ходьков А.Е.** Гидрохимическая оценка надсолевой толщи Верхнекамского месторождения в связи с перспективой его разработки // Добыча и переработка калийных солей Верхнекамского месторождения. Пермь, 1976. - С. 53-57.

117. **Часовникова Е.В.** Гидрогеохимические особенности подсолевой толщи Верхнекамского калийного месторождения в связи с оценкой ее водозащитных свойств // Вестн. ЛГУ. - 1982. - № 6. - С. 35-41.

118. **Шерман С.И.** Физические закономерности развития разломов земной коры. - Новосибирск: Наука, 1977.

119. **Шестов И.Н.** Гидрогеология и гидрохимия нижнепермского водоносного комплекса // Тр. ВНИГНИ, 1973. Вып. 118. - С. 304-326.

120. **Шимановский Л.А., Иконников Е.А., Крутов В.М.** Некоторые особенности распределения подземного стока речных долин Юрюзано-Сылвинской депрессии // Геология и петрография Западного Урала. - Пермь, 1970. - Вып. 5. - С. 189-195.

121. **Шимановский Л.А., Крутов В.М.** Гидрогеологические и гидрохимические особенности Верхнекамского соленосного бассейна // Гидрогеология и карстоведение: Ученые зап. ПГУ. 1964. Вып. 2. - С. 228-238.

122. **Ярош А.Я.** Разломы кристаллического фундамента восточных районов Русской платформы и Западного Приуралья // Советская геология. - 1966. - № 10. - С. 59-68.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ФОНДОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Аверьянов С.В. и др. Детальные аэрогеологические и морфологические работы по уточнению геолого-структурного строения Верхнекамского месторождения калийных солей: Отчет о НИР ДМГИ УКАГП. - Екатеринбург, 1992. - Фонды ОАО «Уралкалий».

Барях А.А., Кудряшов А.И. Анализ причин затопления рудника БКРУ-3: Отчет о НИР Ги УрО РАН. - Пермь, 1994. - Фонды ОАО «Уралкалий».

Башорин В.Н. и др. Отчет о НИР Зеленогорской экспедиции (партии № 75). - Свердловск, 1974. - Фонды ФГУ Свердловского ТФГИ.

Беляев В.П. и др. Отчет о геофизических работах на Верхнекамской площади за 1987-1989 гг. - Пермь, 1989. - Фонды ОАО «Уралкалий».

Букин Б.Ю. Отчет о результатах геофизических работ, проведенных в 1970-1972 гг. на Быгельско-Троицком участке в Усольском районе Пермской области. УПГО. 1972. - Фонды ОАО «Уралкалий».

Валеев Р.Н. и др. Разломы фундамента, зоны тектонической трещиноватости Соликамской впадины и их влияние на катагенные и гипергенные преобразования пород продуктивной калиеносной зоны (рукопись, ВНИИГеолнеруд). - Казань, 1974. - Фонды ОАО «Уралкалий».

Гафаров Р.А. Отчет об аэромагнитной съемке ΔT_a в Волго-Уральской провинции и Юго-Западном Притиманье (Аэромагнитная партия 81/55 НГФТ). - Новосибирск, 1956. - Фонды ФГУ Свердловского ТФГИ.

Голубев Б.М. и др. Комплексный научный анализ результатов геологических исследований на территории Верхнекамского месторождения калийных солей: Отчет о НИР ОАО «ПермНИПИнефть». - Пермь, 1998. - Фонды ОАО «ПермНИПИнефть».

Денисов М.И. и др.: Отчет по геологическому доизучению масштаба 1:200000 групповым методом листов Р-40-XXXIII (южная половина), Р-40-XXXIV (юго-западная часть), О-40-III, О-40-IV (западная половина), О-40-IX (северная половина), О-40-X (северо-западная часть) в бассейнах рек Камы, Яйвы, Глухой Вильвы на среднем Урале за 1977-1980 гг. - Пермь, 1980. - Фонды ФГУ Пермского ТФГИ.

Джиноридзе Н.М. и др. Анализ результатов геологических и геофизических исследований по шахтному полю БКПРУ-2 Верхнекамского месторождения калийных солей: Отчет о НИР ВНИИГ. - Л., 1987. - Фонды ОАО «Уралкалий».

Джиноридзе Н.М. и др. Анализ результатов геологических, гидрогеологических и геомеханических исследований по комплексному освоению минеральных ресурсов Соликамской впадины: Отчет о НИР ОАО «ВНИИГ» и фирмы «Агрохимбезопасность». - СПб.-М., 2002. - Фонды ГИ УрО РАН.

Джиноридзе Н.М. и др. Обобщить результаты геологических исследований Верхнекамского месторождения калийных солей с целью выявления площадных изменений структурных и литогеохимических параметров промышленной зоны, водозащитной толщи и надсолевого комплекса пород: Отчет о НИР АО ВНИИГ. - СПб, 1997. - Фонды ОАО «Уралкалий».

Иконников Е.А. Отчет о результатах работ по составлению гидрогеологической карты масштаба 1:500000 листов 0-40-А и 0-40-В за 1986-1990 гг. Сылвинская ГГП. - Пермь, 1990. - Фонды ФГУ Пермского ТФГИ.

Иконников Е.А. Отчет о результатах работ по составлению гидрогеологической карты масштаба 1:500 000 листов Р-39-Г, Р-40-В, Г, 0-40-Б (в границах Восточно-Европейской системы бассейнов пластовых вод на территории Пермской области) за 1990-1994 гг. ГП «Запуралгидрогеология». - Пермь, 1995. - Фонды ФГУ Пермского ТФГИ.

Иконников Е.А. Отчет по результатам групповой гидрогеологической съемки масштаба 1:200000 листов 0-40-VII, VIII, IX за период 1976-1981 гг. Пермская ГРЭ. - Пермь, 1981. - Фонды ФГУ Пермского ТФГИ.

Кассин Г.Г. Обобщение материалов детальных аэромагнитных съемок в комплексе с другими геофизическими методами на терри-

тории Пермского Приуралья» Отчет о НИР УГИ. - Свердловск, 1985. - Фонды ФГУ Пермского ТФГИ.

Кассин Г.Г. и др. Геологическая интерпретация результатов детальных гравиметрических и магнитных съемок: Отчет о НИР УГИ по теме 62-203-89. - Свердловск, 1991. - Фонды ОАО «Уралкалий».

Колесников В.П. Выполнение электроразведочных исследований в пределах населенного пункта Новая Зырянка в целях картирования предполагаемой ослабленной зоны в приповерхностной части разреза: Отчет о НИР ГИ УрО РАН. - Пермь, 1999. - Фонды ГИ УрО РАН.

Коноплин П.А., Рейтборд А.Х. Отчет о детальной аэромагнитной съемке ΔT_a на Южно-Пермском участке (аэромагнитная партия 75/59 НГФТ). - Новосибирск, 1959. - Фонды ФГУ Свердловского ТФГИ.

Костицин В.И. и др. Картирование разрывных нарушений в Соликамской депрессии по данным геофизических методов при работах на нефть и газ: Отчет о НИР ПермГУ. - Пермь, 2001. - Фонды ФГУ Пермского ТФГИ.

Кудряшов А.И. Природа латеральной изменчивости минерального состава продуктивных пластов Верхнекамского месторождения калийных солей: Отчет о НИР ГИ УрО РАН. - Пермь, 1993. - Фонды ОАО «Уралкалий».

Кудряшов А.И. Результаты картирования провальных образований в районе пос. Нов. Зырянка: Отчет о НИР ГИ УрО РАН. - Пермь, 1999. - Фонды ГИ УрО РАН.

Кудряшов А.И. Обобщение информации о геологическом строении участка развития провальных явлений в районе пос. Новая Зырянка: Отчет о НИР ГИ УрО РАН. - Пермь, 1999. - Фонды ГИ УрО РАН.

Кудряшов А.И. Флюидогеодинамика и эпигенез калийных залежей (на примере Верхнекамского месторождения): Дис. ... докт. г.-м. наук. - Пермь, 1994. - Фонды ОАО «Уралкалий».

Кудряшов А.И., Романов А.С. Закономерности распространения вторичных сильвинитов на территории центральной части ВКМС: Отчет о НИР ГИ УрО РАН. - Пермь, 2002. - Фонды ОАО «Сильвинит».

Маловичко А.А. и др. Результаты сейсмологического мониторинга в пределах шахтных полей рудников СКРУ-1 и СКРУ-2 за период с 1 января по 31 декабря 1999 года. - Пермь-Соликамск, 1999. - Фонды ГИ УрО РАН.

Маловичко А.А. и др. Результаты сейсмологического мониторинга геологической среды района Верхнекамского калийного месторождения за период с 1 января по 31 декабря 2000 года. - Пермь-Березники, 2000. - Фонды ГИ УрО РАН.

Маловичко А.А. и др. Результаты сейсмологического мониторинга геологической среды района Верхнекамского калийного месторождения за период с 1 января по 31 декабря 2001 года: Отчет о работах по договору № 16/01. - Пермь-Березники, 2001а. - Фонды ГИ УрО РАН.

Маловичко А.А. и др. Результаты сейсмологического мониторинга в пределах шахтных полей рудников СКРУ-1, СКРУ-2 и СКРУ-3 за период с 1 января по 31 декабря 2001 года: Отчет о работах по договору № 32/2001. - Пермь-Соликамск, 2001б. - Фонды ГИ УрО РАН.

Мелехов А.Г. и др. Гидрогеологическая карта СССР масштаба 1:200 000 лист 0-40-III: Отчет по результатам гидрогеологической съемки масштаба 1:200 000 лист 0-40-III за период 1973-1975 гг. - Пермь, 1975. - Фонды ФГУ Пермского ТФГИ.

Мошковский В.А. и др. Гидрогеологическая карта СССР масштаба 1:200000 лист 0-40-IV: Отчет Пермской ГГП по результатам гидрогеологической съемки за период 1966-1968 гг. Пермский ГРТ. - Пермь, 1968. - Фонды ФГУ Пермского ТФГИ.

Новоселицкий В.М. и др. Гравиметрические исследования на Шершнева площади: Отчет о НИР ГИ УрО РАН. - Пермь, 2001. - Фонды ФГУ Пермского ТФГИ.

Нояксова Л.Д. и др. Отчет о результатах гравиметрической съемки м-ба 1:25000 Верхнекамской площади, проведенной в 1986-1990 гг. ПГО «Уралгеология». - Свердловск, 1990. - Фонды ОАО «Пермнефтегеофизика».

Плотников Ю.А. и др. Отчет о доразведке северной части Быгельско-Троицкого, южных частей Соликамского и Ново-Соликамского участков Верхнекамского месторождения калийных солей, выполненной в 1991-1999 гг. - Березники, 2002. - ВГФ.

Поповцев В.А. и др. Гидрогеологическая карта СССР масштаба 1:200000 лист 0-40-X: Отчет Пермской ГПП по результатам гидрогеологической съемки за период 1966-1968 гг. Пермский ГРТ. - Пермь, 1968. - Фонды ФГУ Пермского ТФГИ.

Санфиоров И.А. Выполнение сейсморазведочных исследований в пределах населенного пункта Новая Зырянка в целях пространственной локализации предполагаемой ослабленной зоны, расположенной в приповерхностной части разреза: Отчет о НИР Ги УрО РАН. - Пермь, 1999. - Фонды ОАО «Уралкалий».

Санфиоров И.А. и др. Переинтерпретация разведочных материалов в пределах Верхнекамского месторождения калийных солей: Отчет о НИР Ги УрО РАН. - Пермь, 1993. - Фонды Ги УрО РАН.

Указания по защите рудников от затопления и охране подрабатываемых объектов в условиях Верхнекамского месторождения калийных солей. - СПб., 2004.

Халымбаджа И.Г. Отчет об аэрогеофизической съемке масштаба 1:10000 на Верхнекамской площади в 1987-1989 гг. (Аэрогеофизическая партия, ПГО «Уралгеология»). - Свердловск, 1989. - Фонды ФГУ Свердловского ТФГИ.

Халымбаджа И.Г. и др. Отчет об опытно-методических магнитометрических детальном исследованиях с целью прогнозирования зон локальных структур в сложных условиях Камской моноклинали и Соликамской депрессии в 1978 г. УПГО, 1980. - Фонды ФГУ Свердловского ТФГИ.

Харитонов Т.В. Отчет о результатах геологических исследований района пос. Нов. Зырянка, проведенных в июле-августе 1999 г. ПГПП «Геокарта». - Пермь, 1999. - Фонды ОАО «Уралкалий».

Харитонов Т.В. и др. Отчет о геологическом доизучении масштаба 1:50000 Верхнекамской площади с общими поисками в Соликамском, Усольском, Березниковском районах Пермской области, выполненных в 1988-1992 гг. ПГТСП «Геокарта». - Пермь, 1992. - Фонды ФГУ Пермского ТФГИ.

Шимановский Л.А., Шимановская И.А. Отчет о гидрогеологической съемке масштаба 1:500000 листа 0-40-A. - Свердловск, 1961. - Фонды ФГУ Пермского ТФГИ.

**КРАТКАЯ АВТОРСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЗЛОМОВ
ВЕРХНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ СОЛЕЙ***

№№ разлома	Плановое положение концов разлома	Методы выделения	Краткая характеристика и источник	Азимут простирания, град.	Длина, км
1	2	3	4	5	6
1	Б9-Б6	ГР ¹	Зона тектонического нарушения фундамента и вышележащих отложений (Нояксова и др., 1990)	СЗ 355	30
2	Б10-В6	ГР	– « –	СВ 8	38
3	В9-В6	ГР	– « –	СЗ 358	29
4	Д9-Д6	ГР	– « –	СЗ 359	34
5	Е9-Е6	ГР	– « –	С 0	30
6	Е9-Е7	ГР	– « –	СЗ 359	16
7	В10-Г13	ГР	– « –	СЗ 334	32
8	Д10-Д12	ГР	– « –	СЗ 358	29
9	Д6-Е6	ГР	Тектоническое нарушение фундамента (Нояксова и др., 1990)	СЗ 287	13
10	Г6-Е7	ГР	– « –	СЗ 296	25
11	Б6-Д7	ГР, МР ²	– « –	СЗ 283	28
12	Б6-Е7	ГР, МР	– « –	СЗ 284	40

* 1 – гравиметрические методы, 2 – магнитометрические методы, 3 – морфометрические и дистанционные методы, 4 – электрометрические методы, 5 – геологические методы, 6 – сейсморазведочные методы.

1	2	3	4	5	6
13	Б6-Г7	ГР	Тектоническое нарушение фундамента (Нояксова и др., 1990)	СЗ 291	17
14	Б7-В8	ГР	– « –	СЗ 306	11
15	Б7-Д7	ГР, МР	– « –	СВ 89	32
16	Б7-Д10	ГР	– « –	СЗ 318	45
17	Г8-Д8	ГР	– « –	СВ 82	20
18	В10-Е8	ГР	– « –	СВ 59	35
19	Г9-Е9	ГР	– « –	СВ 68	20
20	Б8-В9	ГР	– « –	СЗ 294	14
21	Б8-В10	ГР	– « –	СЗ 329	23
22	Б8-В10	ГР	– « –	СЗ 331	19
23	Б10-Д11	ГР, МР	– « –	СЗ 286	35
24	Б10-Д11	ГР	– « –	СЗ 285	31
25	Б11-Д11	ГР	– « –	СЗ 271	29
26	Б12-Д12	ГР	– « –	В 90	35
27	Б13-В12	ГР	– « –	СВ 55	14
28	Б13-Г12	ГР	– « –	СВ 52	24
29	В13-Д12	ГР	– « –	СВ 47	25
30	Г13-Д12	ГР	– « –	СВ 51	19
31	В6-Д6	ГР, МР, ММ ³	Предполагаемое разрывное нарушение осадочного чехла (Нояксова и др., 1990)	СЗ 274	19
32	Б6-Д6	ГР, ММ	– « –	СЗ 282	22

Продолжение прил. 2

1	2	3	4	5	6
33	Б6-В7	ГР	Предполагаемое разрывное нарушение осадочного чехла (Нояксова и др., 1990)	СЗ 298	15
34	В6-Д7	ГР, ММ	– « –	СЗ 296	27
35	Г6-Д7	ГР, ММ	– « –	СЗ 302	21
36	Б7-В7	ГР, МР, ММ	– « –	СЗ 277	11
37	В7-Г7	ГР, ММ	– « –	СВ 78	11
38	В7-Д7	ГР, МР, ММ	– « –	СЗ 274	18
39	В7-Г8	ГР, МР, ММ	– « –	СЗ 306	18
40	Б8-Д8	ГР, МР, ММ	– « –	СЗ 274	37
41	Б8-Д8	ГР, МР, ММ	– « –	В 90	37
42	Б9-Г8	ГР, МР, ММ	– « –	СВ 68	14
43	В8-Д9	ГР, ММ	– « –	СЗ 305	21
44	Г8-Е8	ГР, МР, ММ	– « –	СВ 89	11
45	Г9-Д9	ГР, ММ	– « –	СЗ 307	11
46	В10-Г9	ГР	– « –	СВ 40	12
47	В9-В11	ГР	– « –	СЗ 333	20
48	В9-Г11	ГР	– « –	СЗ 332	20
49	Г11-Г10	ГР	– « –	СВ 26	12
50	Г10-Д9	ГР	– « –	СВ 24	11
51	Г10-Д11	ГР, ММ	– « –	СЗ 331	17
52	Г10-Д11	ГР, ММ	– « –	СЗ 280	12
53	В11-Д11	ГР, ММ	– « –	СЗ 271	22

1	2	3	4	5	6
54	Б12-В11	ГР, ММ	Предполагаемое разрывное нарушение осадочного чехла (Нояксова и др., 1990)	СВ 52	13
55	Б12-Г11	ГР, ММ	– « –	СВ 62	20
56	Г12-Д11	ГР, ММ	– « –	СВ 44	14
57	Г12-Д12	ГР, ММ	– « –	СВ 67	10
58	Г13-Д12	ГР, ММ	– « –	СВ 76	10
59	Г11-Д12	ГР	– « –	СЗ 313	11
60	В12-Д13	ГР, ММ	– « –	СЗ 286	16
61	Б12-Г13	ГР, ММ	– « –	СЗ 285	13
62	В6-Г6	ГР, МР	Разлом верхнепалеозойского или мезозойского возраста, проявленный в строении верхнепермских и более глубоких горизонтов (Кассин и др., 1991)	СЗ 271	14
63	В7-Д7	ГР, МР	Разлом, проявленный в строении верхнепермских и более глубоких горизонтов (Кассин и др., 1991)	СЗ 271	22
64	В8-Е8	ГР, МР	– « –	СЗ 272	32
65	Г8-Д9	ГР, МР	– « –	СЗ 273	11
66	В11-В6	ГР, МР	– « –	СВ 2	46
67	В9-Г8	ГР, МР	– « –	СВ 3	17
68	В12-Г5	ГР, МР	– « –	СВ 6	69
69	Д9-Д7	ГР, МР	– « –	СЗ 359	23
70	Д9-Д6	ГР, МР	– « –	СЗ 359	33
71	В7-Г6	ГР, МР	– « –	СВ 41	13

Продолжение прил. 2

1	2	3	4	5	6
72	В8-Г7	ГР, МР	Разлом, проявленный в строении верхнепермских и более глубоких горизонтов (Кассин и др., 1991)	СВ 47	11
73	В8-Г7	ГР, МР	– « –	СВ 45	15
74	В7-Г8	ГР, МР	– « –	СЗ 320	15
75	В7-Д8	ГР, МР	– « –	СЗ 309	17
76	Г9-Д10	ГР, МР	– « –	СЗ 312	10
77	В8-Г9	ГР, МР	Дорифейский разлом фундамента, не проявленный в строении чехла (Аверьянов и др., 1992)	СЗ 314	19
78	Б8-В9	ГР, МР	– « –	СЗ 312	19
79	Б11-Е11	ГР, МР	Разлом, проявленный в строении верхнепермских и более глубоких горизонтов (Кассин и др., 1991)	СЗ 271	40
80	В13-В11	ГР, МР	– « –	СЗ 357	22
81	Г13-Г11	ГР, МР	– « –	СЗ 355	15
82	Д13-Д10	ГР, МР	– « –	СВ 3	32
83	Д13-Д10	ГР, МР	– « –	СВ 4	28
84	В13-Г12	ГР, МР	– « –	СВ 47	18
85	Г13-Д12	ГР, МР	– « –	СВ 47	19
86	Г10-Д11	ГР, МР	– « –	СЗ 319	14
87	Г11-Д12	ГР, МР	– « –	СЗ 325	20
88	Б10-Д13	ГР, МР	– « –	СЗ 325	41
89	В1-Д1	МР	Разлом фундамента с установленной активностью в палеозое или мезо-кайнозое (Кассин, 1985)	СВ 58	>16

1	2	3	4	5	6
90	А3-В3	МР	Дорифейский разлом фундамента с не установленной активностью в неогене (Аверьянов и др., 1992)	СВ 89	19
91	А7-Е4	МР	Древний разлом фундамента с установленной активностью в палеозое (Кассин, 1985)	СВ 59	>62
92	Б6-Д6	МР	Палеозойский разлом фундамента (Кассин, 1985)	СЗ 282	29
93	Г6-Е6	МР	– « –	СВ 89	29
94	Б7-Е7	МР, ГР	Тектоническое нарушение чехла и, возможно, фундамента (Кассин, 1985)	СВ 79	32
95	Г7-Е8	МР, ГР	– « –	СЗ 275	>25
96	А7-Г10	МР	Дорифейский разлом фундамента с не установленной активностью в неогене (Кассин, 1985)	СЗ 312	49
97	Е6-Е15	МР	Разлом фундамента с установленной активностью в палеозое или мезо-кайнозое (Кассин, 1985)	СВ 3	>89
98	В7-Г12	МР	– « –	СЗ 357	>45
99	А10-Е9	МР	Древний разлом фундамента с установленной активностью в верхнем протерозое (Кассин, 1985)	СВ 84	53
100	В10-Е9	МР	Палеозойский разлом фундамента (Кассин, 1985)	СВ 79	>32
101	Б11-Е11	МР	Древний разлом фундамента с установленной активностью в верхнем протерозое (Кассин, 1985)	СЗ 275	>47
102	Д12-Е12	МР	Разлом фундамента с установленной активностью в палеозое или мезо-кайнозое (Кассин, 1985)	СВ 79	>19

Продолжение прил. 2

1	2	3	4	5	6
103	В14-Е14	МР, ГР	Тектоническое нарушение чехла и, возможно, фундамента (Кассин, 1985)	СЗ 283	34
104	Г15-Д14	МР	Верхнепротерозойский разлом фундамента (Кассин, 1985)	СВ 22	>20
105	Д13-Д15	МР, ГР	Тектоническое нарушение чехла и, возможно, фундамента (Кассин, 1985)	С 0	20
106	Д15-Е14	МР, ГР	– « –	СВ 48	>14
107	Б6-Е6	МР	Разлом фундамента (Валеев и др., 1974)	СЗ 273	39
108	А7-Д7	МР	– « –	СВ 88	40
109	В9-Д9	МР	– « –	СВ 89	23
110	Б10-Д9	МР	– « –	СВ 83	35
111	В10-Е10	МР	– « –	В 90	32
112	Б11-Е10	МР	– « –	СВ 80	43
113	В11-Е11	МР	– « –	СВ 87	28
114	Б12-Е12	МР	– « –	СВ 85	38
115	Б13-Е12	МР	– « –	СВ 83	40
116	Б14-Е13	МР	– « –	СВ 80	41
117	Б6-Е9	МР	– « –	СЗ 308	45
118	Б7-Е12	МР	– « –	СЗ 315	63
119	Б9-В11	МР	– « –	СЗ 309	19
120	Б11-Д14	МР	– « –	СЗ 310	37
121	Б10-Г7	МР	– « –	СВ 32	40

1	2	3	4	5	6
122	В12-Е8	МР	Разлом фундамента (Валеев и др., 1974)	СВ 43	57
123	В10-Г8	ММ	Постоянно обновляющийся докембрийский (?) разлом фундамента (Аверьянов и др., 1992)	СВ 43	22
124	В10-Д9	ММ	– « –	СВ 39	>22
125	В11-Д10	ММ	– « –	СВ 53	>29
126	В12-Д11	ММ	– « –	СВ 60	23
127	В13-Д11	ММ	– « –	СВ 44	26
128	Г8-Д10	ММ	Палеозойский разлом, обновившийся в условиях альпийского тектогенеза (Аверьянов и др., 1992)	СЗ 321	16
129	В8-Д10	ММ	– « –	СЗ 314	>23
130	Г9-Д10	ММ	– « –	СЗ 326	10
131	В9-Г10	ММ	– « –	СЗ 337	13
132	Г10-Д12	ММ	– « –	СЗ 340	21
133	В11-Г12	ММ	– « –	СЗ 329	>20
134	В9-Г8	ММ	Постоянно обновляющийся докембрийский (?) разлом фундамента (Аверьянов и др., 1992)	СВ 83	>15
135	В10-Д9	ММ	– « –	СВ 81	20
136	В10-Д10	ММ	– « –	СВ 82	18
137	Г10-Д10	ММ	– « –	СЗ 277	12
138	В11-Д11	ММ	– « –	СВ 87	16
139	В12-Д12	ММ	– « –	СВ 87	18
140	В13-Г13	ММ	– « –	В 90	>11

Продолжение прил. 2

1	2	3	4	5	6
141	Г10-Г11	ММ	Слабо подновленный герцинский разлом (Аверьянов и др., 1992)	СВ 5	13
142	Г8-В9	ЭР ⁴	Крутопадающая обводненная зона повышенной трещиноватости надсолевого комплекса (Беляев и др., 1989)	СВ 12	16
143	В8-Д8	ЭР	Зона разлома в породах надсолевого комплекса (Беляев и др., 1989)	СЗ 296	14
144	Г10-Д10	ЭР	Крутопадающее разрывное нарушение типа сброса, сбросо-сдвига, пересекающее породы надсолевого и соляного комплексов (Беляев и др., 1989)	СВ 81	12
145	В9-В10	ЭР	Сброс, охватывающий породы надсолевого и соляного комплексов [22]	СВ 5	15
146	Б6-Д6	ГМ ⁵	Левый сдвиг (Джиноридзе и др., 1997)	СЗ 279	23
147	А13-Е12	ГМ	Яйвинский глубинный разлом, заложенный или подновлявшийся в мезокайнозойское время – левый сдвиг (Денисов и др., 1980)	СВ 80	>60
148	В10-Г11	ГМ	Усовский сдвиг (Плотников и др., 2002)	СВ 78	14
149	В10-Д10	ГМ	Дуринский сдвиг (Плотников и др., 2002)	СВ 78	17
150	Д7-Д8	ГМ	Левый сдвиг [85]	СЗ 325	11
151	Г8-Г9	ГМ	– « –	СЗ 330	15
152	Г8-Г9	ГМ	– « –	СЗ 355	16

1	2	3	4	5	6
153	Г8-Г9	ГМ	Левый сдвиг [85]	СЗ 329	10
154	В9-Д10	ГМ	– « –	СЗ 276	19
155	В10-Г10	ГМ	Правый сдвиг [85]	СВ 83	13
156	Б10-Д10	ГМ	Левый сдвиг [85]	СВ 80	34
157	В10-Д12	ГМ	Правый сдвиг [85]	СЗ 311	21
158	Г5-Д6	ГМ	Разрывное нарушение в верхних горизонтах платформенного чехла (Денисов и др., 1980)	СЗ 296	13
159	Г5-Г6	ГМ	– « –	СЗ 290	10
160	Б6-Г6	ГМ	– « –	СЗ 284	20
161	В9-Д9	ГМ	– « –	СВ 85	26
162	Д9-Е9	ГМ	– « –	СВ 81	>13
163	Б9-В10	ГМ	– « –	СЗ 297	17
164	В10-Г9	ГМ	– « –	СВ 74	14
165	В10-Е10	ГМ	– « –	СВ 80	31
166	Б6-Г6	ГМ	Поверхность гравитационного срыва (сброс) (Харитонов и др., 1992)	СЗ 281	17
167	В10-Г9	ГМ	– « –	СВ 75	11
168	В10-Г10	ГМ	– « –	СВ 81	>15
169	Д5-Д6	СР ⁶	Тектоническое нарушение в верхнедевонских и турнейских отложениях (Санфиоров и др., 1993)	СВ 3	12
170	Г7-Г8	СР	Зона аномалий волнового поля в интервале соляной толщи (Санфиоров и др., 1993)	СЗ 341	11

Окончание прил. 2

1	2	3	4	5	6
171	Г12-Д12	СР	Зона аномалий волнового поля в интервале соляной толщи (Санфиоров и др., 1993)	СВ 53	10
172	Г13-Г14	СР	Тектоническое нарушение в верхнедевонских и турнейских отложениях (Санфиоров и др., 1993)	СЗ 323	15
173	В13-Д14	СР	Зона аномалий волнового поля в интервале соляной толщи (Санфиоров и др., 1993)	СЗ 301	16
174	Б7-Б8, В10-Б12	ГМ	Усольский региональный надвиг в подсолевом - надсолевом комплексах пород [85]	Субмерид.	>40
175	В7-В10, Г10-В12	ГМ	Соликамский региональный надвиг в подсолевом - надсолевом комплексах пород [85]	Субмерид.	>40
176	Г7-Г9, Г10-Д12	ГМ	Троицкий региональный надвиг в подсолевом - надсолевом комплексах пород [85]	Субмерид.	>40

Результаты проверки проявления одиночных разломов
в геолого-геофизических полях ВКМС

№№ п/п	Раз- лом	Методы выделения	Подтверждение разломов (методы)				Досто- вер- ность
			ГР	МР	ГГ*	ГМ	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	ГР	++	+	-	-	П
2	2	ГР	++	-	-	-	М
3	3	ГР	+	-	-	-	М
4	4	ГР	++	+	-	-	П
5	6	ГР	++	-	-	+	П
6	7	ГР	+	-	-	-	М
7	8	ГР	+	-	-	-	М
8	10	ГР	++	++	+	-	Д
9	12	ГР, МР	++	+	-	-	П
10	14	ГР	+	-	+	-	П
11	15	ГР, МР	++	+	+(3)	-	Д
12	17	ГР	-	-	-	-	М
13	18	ГР	-	-	-	-	М
14	19	ГР	-	+(3)	-	-	М
15	20	ГР	+	-	-	-	М
16	21	ГР	++	++	-	+(Ц)	Д
17	22	ГР	-	++	-	-	М
18	23	ГР, МР, ММ	++	++	+(3)	-	Д
19	24	ГР	+	++	++	-	Д
20	26	ГР, ММ	++	++	-	-	Д
21	29	ГР	++	-	-	-	М
22	30	ГР	++	-	++	+	Д
23	33	ГР	-	++	++	-	П
24	34	ГР, ММ	++	+	-	-	Д
25	35	ГР, ММ	++	+	-	-	Д
26	36	ГР, МР, ММ	-	+	-	-	П
27	37	ГР, ММ	++	-	-	-	П
28	39	ГР, МР, ММ	++	+	+(ЮВ)	-	Д
29	40	ГР, МР, ММ	+(Ц, В)	-	+(В)	-	Д
30	41	ГР, МР, ММ	++	-	-	-	П

1	2	3	4	5	6	7	8
31	42	ГР,МР,ММ	+	-	-	-	П
32	43	ГР, ММ	-	+	-	-	П
33	45	ГР, ММ	++	++	-	-	Д
34	46	ГР	+	-	-	-	М
35	47	ГР	-	++	-	-	М
36	49	ГР	++	+	-	-	П
37	50	ГР	+	-	-	-	М
38	51	ГР, ММ	++	-	-	-	П
39	54	ГР, ММ	++	-	-	-	П
40	57	ГР, ММ	++	+	-	-	Д
41	58	ГР, ММ	++	-	-	-	П
42	59	ГР	-	-	-	+	М
43	60	ГР, ММ	-	+	-	-	П
44	61	ГР, ММ	++	++	-	-	Д
45	63	ГР,МР,ММ	+	++	-	-	Д
46	66	ГР, МР	+	-	++	-	П
47	68	ГР, МР	++	+(Ю)	++	+(С)	Д
48	69	ГР, МР	+	-	+(Ю)	+	Д
49	70	ГР, МР	++	+	++	-	Д
50	71	ГР, МР	+	+	+	-	Д
51	72	ГР, МР	++	++	-	-	П
52	73	ГР, МР	++	+	-	-	П
53	74	ГР, МР	-	++	-	+(ЮВ)	П
54	76	ГР, МР	++	+	-	+	Д
55	78	ГР, МР	+	-	-	-	М
56	80	ГР, МР	+	-	-	-	М
57	81	ГР, МР	+	++	+	-	Д
58	82	ГР, МР	+	-	+	-	П
59	83	ГР, МР	+	-	+	-	П
60	85	ГР, МР	++	-	++	+	Д
61	86	ГР, МР	+	+	+	+	Д
62	87	ГР, МР	+	-	-	-	М
63	88	ГР, МР	++	-	-	+(Ц)	П
64	91	МР	+	++	++	-	Д
65	94	ГР, МР	++(3)	++	-	-	П
66	95	ГР, МР	++(3, Ц)	+	-	-	П
67	96	МР	++	+	++(В)	-	Д

Продолжение прил. 3

1	2	3	4	5	6	7	8
68	97	MP	-	+	++	+(Ц)	Д
69	98	ГР, MP	+	++(C)	++	-	Д
70	108	MP	++	-	-	-	М
71	111	MP	+(Ц)	++	+	-	Д
72	112	MP	+(B)	+(Ц)	-	+	П
73	114	MP	+(3)	-	-	-	М
74	115	MP	-	++	-	-	М
75	116	MP	-	++	-	-	М
76	117	MP	++	++	++	-	Д
77	118	MP	++	++	++(ЮВ)	-	Д
78	119	MP	-	++	-	-	М
79	120	MP	+(B)	-	-	-	М
80	121	MP	+(C, Ю)	-	++(Ц, C)	+(C)	Д
81	122	MP	+(Ю)	-	-	-	М
82	123	MM	+(Ц, C)	-	-	-	П
83	124	MM	-	+	-	-	П
84	125	MM	+(CB)	+(CB)	-	+(Ц)	Д
85	127	MM	-	++	-	-	П
86	128	MM	+(C)	++	-	+	Д
87	131	MM	-	-	-	-	М
88	132	MM	-	-	-	-	М
89	133	MM	-	-	-	-	М
90	137	MM	-	-	-	-	М
91	140	MM	-	++	-	-	П
92	141	MM	-	+	-	-	П
93	142	ЭР	+(Ц, C)	-	-	-	П
94	143	ЭР	++	-	-	-	П
95	145	ЭР	+(C)	-	-	-	П
96	147	ГМ	-	-	-	-	М
97	150	ГМ	-	-	-	-	М
98	151	ГМ	++	-	-	-	П
99	152	ГМ	+(C)	-	-	-	П
100	153	ГМ	++	-	-	-	П
101	157	ГМ	-	++	++	-	Д
102	163	ГМ	+	-	-	-	П
103	169	CP	-	-	-	-	М
104	170	CP	++	++	-	-	Д

Окончание прил. 3

1	2	3	4	5	6	7	8
105	171	СР	++	+(Ю)	–	–	Д
106	172	СР	–	+	–	–	П
107	173	СР	++	+	–	–	Д

* – гидрогеология надсолевой толщи;

** – в скобках указаны части разлома (Ц – центральная, С – северная, ЮВ – юго-восточная и т.д.)

СПИСОК ИЛЛЮСТРАЦИЙ

1. Рис. 1.1. Географическое положение ВКМС. С. 7
2. Рис. 1.2. Структурно-тектоническое положение ВКМС. С. 8
3. Рис. 1.3. Геологический разрез Соликамской впадины по линии I-I. С. 10
4. Рис. 1.4. Стратиграфический разрез галогенной формации Соликамской впадины. С. 11
5. Рис. 1.5. Схема расположения участков развития пласта КрIV в юго-западной части ВКМС. С. 13
6. Рис. 1.6. Стратиграфический разрез калийной залежи ВКМС. С. 14
7. Рис. 1.7. Сводный стратиграфический разрез СМТ. С. 16
8. Рис. 1.8. Структурная карта по подошве соляной толщи в пределах калийной залежи ВКМС. С. 18
9. Рис. 1.9. Структурная карта по кровле ПКС в пределах калийной залежи ВКМС. С. 19
10. Рис. 1.10. Структурно-тектоническая схема ВКМС в пределах калийной залежи. С. 20
11. Рис. 2.1. Картограмма геологической изученности территории ВКМС. С. 35
12. Рис. 2.2. Картограмма площадных съемок территории ВКМС гравиметрическими методами. С. 41
13. Рис. 2.3. Картограмма площадей аэромагнитных съемок территории ВКМС. С. 47
14. Рис. 2.4. Картограмма изученности территории ВКМС сейсморазведочными методами. С. 50
15. Рис. 2.5. Картограмма площадных съемок территории ВКМС методами электроразведки. С. 55
16. Рис. 2.6. Схема разломов района ВКМС, выявленных предшественниками. Вклейка 1
17. Рис. 2.7. Роза-диаграмма простираний одиночных разломов, выявленных предшественниками. С. 56
18. Рис. 2.8. Положение региональных надвигов. С. 60
19. Рис. 2.9. Положение региональных надвигов в разрезе ВКМС. С. 61
20. Рис. 2.10. Карты литологического состава пластов Б и Е района региональных надвигов. С. 67

21. Рис. 2.11. Карта-схема литологического состава, роза-диаграмма простираний длинных осей и вариационная кривая соотношения длинных и коротких осей зон замещений пласта КрII на шахтном поле рудника БКПРУ-2. С. 68

22. Рис. 2.12. Фрагменты литологических карт пластов КрII, АБ и В шахтного поля рудника БКПРУ-1. С. 77

23. Рис. 2.13. Фрагмент геологической колонки солеразведочной скважины № 96. С. 79

24. Рис. 2.14. Геологический разрез по линии I-I. С. 80

25. Рис. 2.15. Фрагменты колонок скважин. С. 81

26. Рис. 2.16. Детальный геологический разрез промышленной зоны БКПРУ-1 по линии II-II вкрест Соликамского надвига. С. 82

27. Рис. 2.17. Фрагмент литологической карты пласта КрII шахтного поля рудника БКПРУ-4. С. 83

28. Рис. 2.18. Геологический разрез по линии скважин 482-495. С. 84

29. Рис. 2.19. Геологический разрез по линии IV-IV. С. 85

30. Рис. 2.20. Геологический разрез по линии V-V. С. 86

31. Рис. 3.1. Примеры прямых признаков разрывных нарушений на ВКМС: удвоение разреза, вскрытого скв. 32н и тектоническая брекчия, вскрытая скв. 551. С. 95

32. Рис. 3.2. Примеры проявления разломов в литологии продуктивных пластов калийной залежи ВКМС: пласт А, пласт В, пласт Г. С. 97

33. Рис. 3.3. Пример проявления разломов в гидрогеологии надсолевой толщи ВКМС. С. 98

34. Рис. 3.4. Шаги оценки степени достоверности одиночных разломов, выделенных предшественниками. С. 105

35. Рис. 4.1. Схема разломов в интервале разреза ВКМС. Вклейка 2

36. Рис. 4.2. Центральная часть зоны Боровицкого разлома. С. 108

37. Рис. 4.3. Фрагмент зоны Дуринского разлома. С. 109

38. Рис. 4.4. Геологический разрез по линии скважин 137-533. С. 110

39. Рис. 4.5. Рубцовская и Володинская зоны разломов. С. 112

40. Рис. 4.6. Зырянская, Балахонцевская и Сибирская зоны разломов. С. 113
41. Рис. 4.7. Горно-геологическая ситуация района повала на БКПРУ-3. С. 117
42. Рис. 4.8. Структурная карта кровли ГАТ района Чашкинского месторождения нефти и положение скважин с поглощением бурового раствора. С. 120
43. Рис. 4.9. Классификация открытых трещин в солях ВКМС. С. 122
44. Рис. 4.10. Схема распространения трещин в солях в пределах восточного фланга шахтного поля СКПРУ-3. С. 123
45. Рис. 4.11. Розы-диаграммы простираний секущих трещин на восточном фланге шахтного поля СКПРУ-3. С. 124
46. Рис. 4.12. Трещины отрыва в пестрых сильвинитах пласта Б на участке 1. С. 125
47. Рис. 4.13. Схема расположения одиночных трещин скола: № 1, № 2, № 3, № 4. С. 126
48. Рис. 4.14. Зарисовка трещины № 2: кровля и стенки камеры 97 (план) и юго-восточная стенка вспомогательного выемочного штрека. С. 128
49. Рис. 4.15. Схемы расположения трещин скола на участках № 17 и № 18. С. 130
50. Рис. 4.16. Зарисовка трещин в западной и восточной стенках камеры 68. С. 131
51. Рис. 4.17. Фрагменты трещин скола в пластах Б и Б-В. Панель 4, блок 2, западная стенка и кровля камеры 167 в 107 м от устья и кровля камеры 156 вблизи устья. С. 133
52. Рис. 4.18. Трещина скола в пласте А. Западная стенка камеры 171, в 52 м от ее устья. С. 134
53. Рис. 4.19. Зарисовка кровли камер 169, 171 и 173 блока 2 панели 4. С. 135
54. Рис. 4.20. Почковидные образования и щетка галита на стенках трещин скола. С. 136
55. Рис. 4.21. Кливаж полосчатых сильвинитов пласта А. Восточная стенка камеры 168, в 20 м от ее устья. С. 137
56. Рис. 4.22. Схема зон трещин скола в пределах восточного фланга шахтного поля СКПРУ-3. С. 139

57. Рис. 4.23. Карта изолиний параметра K , зон трещиноватости и разломов (восточный фланг шахтного поля СКПРУ-3). С. 141

58. Рис. 4.24. Схема расположения провалов земной поверхности. С. 143

59. Рис. 4.25. Изолинии оседаний дневной поверхности в пределах северного фланга юго-восточной части шахтного поля БКПРУ-1. С. 144

60. Рис. 4.26. Примеры провалов: в лесу и на открытой местности. С. 146

61. Рис. 4.27. Схемы расположения основных частей западной, центральной и восточной групп провалов. С. 147

62. Рис. 4.28. Изменение деформаций растяжения дневной поверхности во времени. С. 148

63. Рис. 4.29. Геологический разрез по линии картировочных скважин в районе центральной группы провалов. С. 149

64. Рис. 4.30. Фрагмент схемы вероятных разрывных нарушений кровли ГАТ района Клестовского купола и Тверитинской мульды, выделенных по данным сейсморазведки. С. 152

65. Рис. 4.31. Геологический разрез верхней части соленосной толщи по линии скважин 711-712. С. 155

Научное издание

Алексей Иванович Кудряшов,
Владислав Евгеньевич Васюков,
Герман Сергеевич Фон-дер-Флаасс,
Евгений Александрович Иконников,
Валентин Александрович Гершанок,
Лариса Алексеевна Гершанок,
Сергей Владимирович Глебов

Разрывная тектоника Верхнекамского месторождения солей

Редактор О.В. Семченко
Компьютерная верстка Л.В. Андрейко и О.И. Галиновой

Подписано в печать 29.09.2004 г.
Формат 60 x 84^{1/16}. Усл. печ. л. 11,3. Уч.-изд. л. 11,2
Тираж 150.

Отпечатано в секторе научно-технической информации
Горного института УрО РАН. Г. Пермь, ул. Сибирская, 78а

УКАЗАТЕЛЬ ИМЕН

- Аверьянов С.В. 35, 54, 92
Аксенова Д.А. 40
Александров С.Е. 40
Алексеев С.И. 40
Андрейко Л.В. 5, 137
Андрейчук В.Н. 118
Артемьева Г.С. 41, 42
Балалаев В.И. 40
Балдин М.А. 46
Барях А.А. 151
Башорин В.Н. 106
Белецкая Л.А. 43
Белоликов А.И. 36, 37
Белоусов В.В. 88
Бельтюков Г.В. 37
Беляев В.П. 52, 54, 55, 92, 117
Бронников Ю.В. 45, 47
Букин Б.Ю. 41, 42, 52, 55
Быков А.Ф. 41, 42
Быков Л.Л. 48
Бычков С.Г. 5
Бюлер Г.А. 36
Вайполин В.П. 45, 47.
Валеев Р.Н. 54, 92
Варов А.А. 37
Васюков В.Е. 133, 134, 136
Веселкова Н.В. 44, 53
Галинова О.И. 5
Гафаров Р.А. 45, 47, 104
Гескин Ф.И. 46, 50
Голомб В.Э. 40, 41
Голубев Б.М. 18, 19
Гонтаренко В.Н. 100
Горбунов С.Г. 5
Грушин Ф.К. 51
Грушина Л.В. 51
Денисов М.И. 34, 35, 54, 92
Джиноридзе Н.М. 36, 54, 59,
62, 76, 80, 87, 88, 124, 127
Дягилев Г.А. 36
Егер Г.Р. 34, 118
Жалыбин Ф.И. 51, 55
Заварзин Б.А. 49
Захваткин В.В. 36
Зудин А.П. 51
Зудина Л.И. 47
Иванов А.А. 11, 17, 34, 36, 37
Иванов К.П. 51
Иванцов А.А. 47
Израилева Г.А. 45
Иконников Е.А. 21, 35, 38, 52,
55, 104
Ильиных Ю.А. 39
Кавин А.В. 51
Карпов В.Д. 51
Касаткин Г.П. 50
Касаткин Л.С. 44
Кассин Г.Г. 54, 92, 116, 151
Квиткин С.Ю. 5, 36
Квиткин Ю.И. 39
Кедрова И.К. 46, 50
Ковин О.Н. 130
Колесников В.П. 148
Комаров Е.К. 41, 47
Комиссаров И.А. 50
Коноплин П.А. 45, 47, 104
Константинов Ю.А. 50
Копнин В.И. 12, 16, 72, 76

- Коробецких П.Е. 47
Коровин Ю.И. 34, 35
Корочкина О.Ф. 5
Костицин В.И. 101
Краснопольский А.А. 34
Кривцова Р.М. 48
Кротов В.С. 39
Кротов П.И. 34
Кудряшов А.И. 63, 71, 75, 87,
88, 96, 104, 143, 151, 153, 154
Лаптев В.Ф. 48
Левицкий Ю.А. 35, 39
Леонова Е.И. 40, 41
Лихарев Б.К. 34
Лужецкая Н.Д. 33
Лушников Е.А. 39
Любищев И.А. 40
Мавричев В.Г. 46, 47
Маламуд Г.М. 46
Малкин Н.Р. 44
Маловичко А.А. 5, 106
Мамонтов В.Н. 34
Матвеев А.В. 48
Матвеев П.М. 34, 39
Мелехов А.Г. 35, 38, 52, 104
Мигунов Л.В. 37
Миков Д.С. 44
Молоштанова Н.Е. 72
Морошкина Ю.Н. 146
Мошковский В.А. 22, 35, 38,
104
Мурчисон Ф. 34
Мушин И.А. 92, 93
Нечаев А.В. 34
Новгородов В.Д. 51, 55
Новиков П.И. 46, 50, 55
Новоселицкий В.М. 5, 44, 103
Носиков В.П. 45
Нояксова Л.Д. 41, 43, 54, 92,
103
Нумеров В.В. 40
Нурсубин М.А. 49
Павлова Л.П. 48, 50
Пермяков А.Г. 48
Петрик А.И. 35
Петров А.К. 41, 43
Плотников Ю.А. 5, 44, 53, 107
Полетаев С.П. 40
Полковников В.К. 48
Полыгалова Г.С. 52
Польгуев П.С. 46
Поповцев В.А. 23, 35, 38, 104
Порывкин М.Н. 50
Преображенский П.И. 31, 36,
37
Пудовкин И.М. 44
Пушаровский Ю.М. 88
Пылаев А.М. 50
Рейтборд А.Х. 45, 104
Романов А.С. 154
Ротькин С.М. 37
Рыбаков Г.В. 48
Самсонов Н.Н. 40
Санфиоров И.А. 48, 49, 54, 102,
148, 152
Сапегин Б.И. 19, 36
Семенов А.П. 51, 55
Серов В.К. 51, 55
Скок В.И. 36
Спасский Б.А. 49
Сулима А.И. 5
Теплоухова З.Ф. 48
Третьяков Ю.А. 39
Тяпкин К.Ф. 100
Уеда С. 88
Филатов В.В. 151

Халымбаджа И.Г. 45, 46, 47,
104
Харитонов Т.В. 35, 53, 54, 64,
92, 149
Ходьков А.Е. 32, 37
Худяков Г.С. 40
Черемных Е.М. 48, 50
Чернов А.А. 34
Чижов Г.Н. 48

Шабакин В.А. 5, 129, 133
Швиккард Г. 34
Шерман С.И. 57
Шимановская И.А. 37
Шимановский Л.А. 37
Шихов С.И. 40
Шмакова Е.А. 5
Штукенберг А.А. 34
Янин В.Н. 36