
КОРРЕЛЯТНЫЕ
ОТЛОЖЕНИЯ
В
ГЕОМОРФОЛОГИИ



ИЗДАТЕЛЬСТВО · НАУКА ·
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ЗЕМНОЙ КОРЫ

КОРРЕЛЯТНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ В ГЕОМОРФОЛОГИИ

Ответственный редактор
акад. Н.А. Погачев

4573



НОВОСИБИРСК
ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
1986



УДК 551.4:551.263

Коррелятные отложения в геоморфологии / Флоренсов Н.А., Агафонов Б.П., Ивановский Л.Н. и др. — Новосибирск: Наука, 1986.

Впервые рассмотрены теоретические и методические вопросы использования геологической информации в геоморфологических исследованиях. Даны определение коррелятных отложений, их классификация. Рассмотрены методы анализа коррелятных отложений при изучении палеогеоморфологических обстановок, современных процессов, вопросы сопряженности рельефообразования и осадконакопления.

Для геоморфологов, палеогеографов и геологов, изучающих кайнозойские отложения.

Н.А. Флоренсов, Б.П. Агафонов, Л.Н. Ивановский, М.М. Намолова, С.В. Садовский, Е.И. Тищенко, Г.Ф. Уфимцев, А.Г. Филиппов

Рецензенты С.А. Кашик, Г.И. Худяков, А.М. Короткий

К $\frac{1904010000-704}{042(02)-86}$ 178-86-I



Издательство "Наука", 1986 г.

ПРОБЛЕМА КОРРЕЛЯЦИИ РЕЛЬЕФА И ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ТЕЛ

Всякую корреляцию явлений природы можно рассматривать как установление устойчивой специфической связи между ними в случае принадлежности этих явлений (вещей, процессов, условий, обстановок) к группам как однородных, так и не вполне однородных элементов. Признание всеобщей связи явлений природы как краеугольного камня естественно-научного мировоззрения ни в коей мере не означает отрицания бесчисленного количества степеней и форм специфичности таких связей. Отвлеченно корреляцию можно определить как действие, но также и состояние соотношений, соотнесений и сопоставлений тех или иных объектов.

В привычной для нас формуле "рельеф – коррелятивные (ему) отложения" общий характер корреляционной связи очевиден, но ее специфичность до конца не раскрыта.

В науках о Земле и особенно в геологии исследования корреляции разнообразных явлений и режимов приобрели огромный размах и направлены на выявление глобальных закономерностей. Происходит как бы возрождение на новой основе, и не в одной, а во многих областях геологии, идей Г. Штилле о фазах складчатости всемирного значения. Особенно велики в наши дни успехи стратиграфических корреляций, ведущихся в том числе под эгидой международных организаций. Этим работам в течение многих десятков лет предшествовали попытки корреляций локальных и региональных стратиграфических разрезов и с научными, и с чисто прикладными целями. Однако корреляция удаленных друг от друга разрезов, скажем, угленосных толщ, одинаковый возраст которых установлен или только предполагается, или поиски корреляционных связей, например, между темпом современных тектонических движений и частотой землетрясений качественно глубоко различны. В последнем случае корреляция есть также и путь к установлению показателей зависимости замедленных и импульсивных движений земной коры от их общей причины, а не только их эмпирического соотнесения; скажем, для нужд сейсмического прогноза.

Следует подчеркнуть, что в геологии и, конечно, в геоморфологии корреляцию тех или иных явлений нужно рассматривать и как важную задачу в познании свойственных им и подлежащих раскрытию закономерностей, и как средство для разрешения такой задачи.

Рельеф и отложения, создающиеся одновременно, но в одноственной зависимости, далеки от "равноправия" именно в силу специфичности их корреляционных связей. В каждый отдельный момент геологического времени рельеф теряет часть своего вещественного субстрата, а коррелятные отложения получают, причем далеко не всегда, количественно эквивалентную добавку. Но подобные убыль и прибыль непостоянны и неоднозначны. В одном случае мы имеем дезинтеграцию, в другом интеграцию. По отношению к субстрату рельефа динамическая картина корреляционной связи начинается с ускорения (отрыв, падение, перемещение) и заканчивается остановкой движения. С нашей точки зрения, корреляция между рельефом, находящимся в экспонированном виде, активно развивающимся и создающимся за счет этой активности, и сопряженными с ним отложениями (осадки конусов выноса, различных дельт, косых предгорных равнин, молассовые формации в самом широком смысле) является геолого-геоморфологическим выражением безостановочного процесса метаболизма массы-энергии между поверхностью и недрами Земли. Она характеризует сущность нисходящей ветви литодинамического потока, управляемого полем земного тяготения и в исходном положении, при денудационном преобразовании граней рельефа, отличных от любых элементарных долей поверхности геоида, и в положении конечном, отвечающем осадко- и слоёобразованию.

При подобном подходе вскрывается причина генетического и динамического "неравноправия" рельефа и коррелятных ему отложений. Их соотношение не может быть "перевернуто" в том смысле, что между ними существует не взаимная, а односторонняя корреляционная связь. Коррелятные отложения функционально связаны, во многом обусловлены рельефом, смежным с поверхностью (также, конечно, рельефной) области конечной либо промежуточной седиментации, но не наоборот. И все же в таком, казалось бы, логичном выводе не все оказывается просто. Так, в силу быстрой изменчивости форм земной поверхности отложения, генетически и в то же время парагенетически связанные с данной питающей провинцией и ее рельефом соседством и смежностью, синхронны ему (или почти синхронны), но при уничтожении этого рельефа, например при его пенеппенизации, могут сохраниться, перейти в ископаемое состояние, а далее не только оставаться коррелятными лишь исчезнувшему палеорельефу, но и послужить основой при построении субстрата нового орогенного рельефа и обрести таким образом новые функции вплоть до диаметрально противоположных.

Особым и трудным вопросом в расшифровке формулы "рельеф-коррелятные отложения" является смежность, пространственная сопряженность или соприкасаемость рельефа как области земной поверхности, выделяемой по ее основной характеристике - форме и области накопления коррелятных им (этой области и ее форме) отложений. Речь идет об их общей границе. Для ее понимания в рамках той же формулы необходимы условные, но вместе с тем четкие пределы. Наиболее четко подобные границы выражены на смыкании предгорий и предгорных равнин с днищами предгорных и

межгорных впадин, если они не деформированы новейшими движениями, но и в подобных случаях мы обычно имеем дело с переходными зонами той или иной ширины с их порой весьма неустойчивым гидрологическим режимом, с подвижными аллювиальными и пролювиальными веерами и с далеко не завершенным в них осадкообразованием.

С другой стороны, мы не имеем права не признать какой-нибудь валун или целые массы валунов, перенесенные и переотложенные с помощью айсбергов на большие расстояния, коррелятными, например, ледниковому рельефу Шпицбергена или фиордам Гренландии. Напрашивается еще более общий вывод, так сказать, о безразмерных отношениях смежности рельефа и коррелятных ему отложений. Ведь нельзя не согласиться и с тем, что весь колоссальный объем терригенных отложений, заключенный в осадочной оболочке Земли, был и в ретроспективном плане остается коррелятным исчезнувшим рельефам прошлого и что он несет в себе черты эволюции поверхности планеты во всей ее сложности и многообразии в течение сотен миллионов лет. Да и сама задача реконструкции общих черт рельефов прошлого для всей планеты с помощью обычных методов корреляции принципиально вполне осуществима, хотя и связана с огромными трудностями и затратами. Приведенными примерами мы хотели показать, что в числе геолого-геоморфологических параметров, используемых при региональных и локальных исследованиях "рельефа - коррелятных отложений", в особенности проводимых в прикладных направлениях (изучении россыпей, поиски их коренных источников и т.д.), необходим рациональный учет удаленности (смежности) явлений, составляющих некоторую пару в изучаемых соотношениях.

Следует указать еще одну область, в которой значение обсуждаемой формулы очень велико, но при постановке в нее несколько иных понятий. Речь идет о погребенном рельефе и тех отложениях, которые с ним соприкасаются и, следовательно, играли в свое время громадную роль в прекращении его дальнейшего субаэрального и субаквального развития, а также в самом процессе захоронения древнего рельефа. Здесь остается еще много нерешенных вопросов, а также терминологических трудностей. В последние годы они обсуждались в ряде публикаций /Проходский, 1974; Галицкий, 1974; Флоренсов, 1976; и др./. В то же время коррелятность базальных отложений рельефу их оснований, а также все разнообразие структурных отношений, возникающих между ними, совершенно специфичны. Они имеют огромное значение как в геологических, так и в палеогеоморфологических построениях.

Мы коснулись отдельных сторон проблемы "рельеф - коррелятные отложения", кажущейся простой только на первый взгляд. В ней заключено множество нерешенных вопросов - геоморфологических, палеогеографических, палеогеоморфологических, палеоклиматических, палеотектонических и многих других. Конечно, эту "формулу" можно рассматривать и очень узко и очень широко, в зависимости от задач исследования. Но если смотреть широко, то в ней нельзя не увидеть кратчайшее обозначение одной из главнейших проблем познания осадочной оболочки нашей планеты.

КОРРЕЛЯТНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ:

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЯ И ПРИНЦИПЫ ВЫДЕЛЕНИЯ

Вводные замечания

В геоморфологии существуют два пути установления возраста форм рельефа. Первый основан на использовании собственно свойств рельефа. Возраст элементов последнего при этом определяется двумя способами: 1. Выводится из их пространственных отношений. Фиксирование случаев наложения одних форм рельефа на другие, их пересечения, включения и другие пространственные их отношения служат основанием для выводов о времени заложения их относительно друг друга. Таким образом устанавливается относительный возраст форм рельефа. 2. Возраст форм рельефа как стадии их развития устанавливается построением генетических рядов. Морфологически близкие формы рельефа рассматриваются как генетические родственные образования, находящиеся на сменяющих друг друга стадиях развития. Положение элементов рельефа в генетическом ряду и есть их морфологический возраст. Такой способ установления возрастных характеристик рельефа широко используется, начиная с построений В.М. Дэвиса /1962/, и является наиболее эффективным при создании объяснительных геоморфологических гипотез и теорий.

Другой путь заключается в установлении геологического возраста форм рельефа, в обычном случае принимаемого как время их зарождения, привязанное к геохронологической шкале. Поскольку формы рельефа сами не несут информации о геологическом времени своего возникновения, то все возрастные характеристики определяются при изучении коррелятных (коррелятивных) отложений — геологических тел, определенным образом связанных с рельефом.

Геологические тела изучаются для целей геоморфологического анализа в двух случаях. Первый указан — это определение геологического возраста рельефа. Обычно необходимым оказывается установление двух возрастных характеристик форм рельефа: 1) момента их возникновения (возраст заложения) и 2) момента, когда та или иная форма рельефа приобрела современный, ныне существующий облик (возраст оформления). Чаще всего указываются именно моменты геологического времени (и соответствующие им рубежи геохронологической шкалы), когда формы рельефа приобрели те или иные присущие им свойства.

Другая задача геоморфологического изучения геологических тел — выявление генезиса форм рельефа. Действительно, многие элементы рельефа являются конвергентными образованиями (например, склоны), и при определении их происхождения и действующих сейчас процессов оказывается необходимым изучение сопряженных с ними геологических тел. Генезис реликтовых форм рельефа, видимо, вообще может быть установлен только таким путем.

Изучение коррелятных отложений как особого рода геологических тел широко используется при геоморфологическом анализе и направлено на получение информации о существенных свойствах рельефа, имеющих преимущественно историко-генетический характер. В то же время само понятие о коррелятных отложениях весьма слабо разработано. Практически отсутствуют работы, посвященные методологии использования геологической информации в геоморфологических целях. Сама двойственность понятия (коррелятные отложения — это прежде всего геологические тела) позволяет ставить вопрос о том, являются ли они вообще объектом геоморфологии /Симонов, 1982/. На этот вопрос можно ответить следующим образом. Несомненно, понятие "коррелятные отложения" является производным от фундаментального понятия "геологическое тело", на основе которого в геологии сформирована разветвленная система понятий. С другой стороны, в геологии понятие о коррелятных отложениях не используется, в нем просто нет необходимости. Оно возникло в геоморфологии в связи с привлечением геологических материалов при создании историко-генетических объяснительных моделей рельефа. Это понятие обозначает объем геологических тел, "извлекаемых" из общей геологической структуры для нужд геоморфологии. И уже это обстоятельство говорит о значении рассматриваемого понятия в теоретической основе современной геоморфологии. Определить его можно дедуктивным способом, опираясь на ведущие концепции этой науки.

В науках о Земле достаточной всеобщностью обладает концепция о литодинамическом потоке — потоке вещества и энергии на поверхности и внутри Земли, преобразующем лик и внутреннюю структуру планеты /Флоренсов, 1978/. Вещественными следами постоянного действия этого потока являются рельеф земной поверхности и геологическая структура. Из концепции литодинамического потока легко вывести два исходных понятия, обозначающих именно те реальности (объекты), изучение которых определяет все разнообразие геологических и геоморфологических построений. Это понятия "рельеф земной поверхности" (или просто "рельеф") и "геологическое тело". Оба они используются и в геологии, и в геоморфологии, определяя тем самым методологическое родство этих наук, однако используются различным образом. В геологии основным является понятие "геологическое тело", и на его основе сформирована разветвленная понятийная система и соответствующий ей банк терминов. Сложность понятийной системы определяет и то обстоятельство, что исходное понятие как бы теряется в массе производных, присутствует в них в скрытом виде. Понятие о рельефе в геологии используется лишь в специальных разделах этой науки (динамической геологии, например) и обозначает дополнительный объект исследования. Каких-либо специальных геологических производных понятий при этом практически не формулируется. Используются чисто геоморфологические понятия.

Иная картина в геоморфологии. Здесь основным понятием является "рельеф". Оно также служит основой разветвленной и иерар-

хически упорядоченной системы понятий, обеспечивающей эффективное изложение результатов геоморфологических исследований. Понятие "рельеф" обозначает основной объект геоморфологии. При геоморфологических исследованиях необходимо привлекать геологические данные или непосредственно изучать определенного рода геологические тела. Они приобретают значение вспомогательного объекта геоморфологических исследований и, следовательно, должны быть обозначены определенным научным понятием. Таким образом, в геоморфологии фундаментальное понятие о геологическом теле модифицируется в понятие "коррелятные отложения". Положение последнего в понятийной базе геоморфологии аналогично таковому понятия "рельеф" в геологии. Оно является сквозным для геоморфологии в целом, и из него практически не выводятся производные геоморфологические понятия. Тем не менее оно, очевидно, является фундаментальным понятием геоморфологии, обеспечивающим заимствование определенного геологического материала с целью определения генезиса форм рельефа, реконструкций истории их развития и привязки геоморфологических событий к геохронологической шкале.

Анализ существующих понятий

Определения понятия о коррелятных отложениях немногочисленны. Согласно одному из них "...коррелятные отложения есть отложения, синхронные образованию скульптурных форм" /Марков, 1948, с. 245/. Это определение чрезмерно конкретизировано в части, касающейся форм рельефа, поскольку учитывает выработанные (эрозионные, денудационные) элементы геоморфологического ландшафта и оставляет в стороне вопрос о геологических телах, коррелятных (синхронных) аккумулятивным формам. Между тем и для всесторонней характеристики последних также необходимо привлечение геологических данных. И напротив, в части, касающейся геологических тел, это определение расплывчато и позволяет выделить коррелятные отложения в любом объеме. Следовательно, встает вопрос о том, что само определение коррелятных отложений, будучи генетическим по содержанию, должно сопровождаться некоторыми принципами и правилами их выделения.

В другом близком определении коррелятные (коррелятивные) отложения — это "...отложения, сопряженные с какими-либо скульптурными формами, за счет разрушения которых они образовались. Аккумулятивные формы рельефа, сложенные отложениями коррелятными, носят название коррелятивных форм; по ним определяется возраст сопряженного с ним скульптурного рельефа" /Геологический словарь, 1973, с. 56/. Это определение во многом повторяет предыдущие, но оно более конкретно в части о собственно коррелятных отложениях — они не просто синхронны формам рельефа, но и образовались за счет их разрушения. Здесь определенно указывается на связь между формами рельефа и геологическими телами. Указание, что по коррелятивным формам определяют геологический воз-

раст сопряженного с ними скульптурного рельефа, на наш взгляд, ошибочно. Соответствующая информация выводится из структурно-вещественных характеристик геологических тел. И в этом определении не учитываются аккумулятивные формы рельефа. Последние, видимо, принимаются во внимание в определении А.И. Спиридонова /1970, с. 139/: "При накоплении осадочных толщ возникают свои формы рельефа — денудационные в области сноса и аккумулятивные в области накопления, так что осадки и формы рельефа оказываются коррелятными друг другу".

Рассмотрение основных определений понятий, требования регионального геоморфологического анализа указывают на необходимость формулировки понятия "коррелятные отложения", учитывающей как любые формы рельефа, так и сопряженность процессов осадконакопления и рельефообразования. Определение должно ясно указывать на объем собственно коррелятных отложений, что служит основанием для формулирования основных принципов и правил выделения их из общего геологического разреза и позволяет более конкретно оперировать этим понятием при региональных исследованиях.

Можно предложить следующее определение: коррелятные отложения — это геологические тела, возникшие одновременно с формами рельефа за счет проявления одних и тех же или сопряженных процессов. Это определение имеет генетический смысл и является общегеоморфологическим, обозначая дополнительный объект исследования, изучение которого позволяет получить дополнительную, преимущественно историко-генетическую, информацию о рельефе. Для геоморфологии это понятие является фундаментальным, хотя и специфичным (сквозным) в том отношении, что на базе его формулируется ограниченное количество производных понятий. Коррелятные отложения представляют собой геологические тела, сформированные, как правило, нисходящей ветвью литодинамического потока. Это слоистые геологические тела, даже если они вулканического происхождения. Именно слоистая структура коррелятных отложений является главным их свойством, используемым, наряду с вещественными характеристиками, для изучения временной последовательности рельефообразующих процессов.

Предложенное определение о коррелятных отложениях учитывает любые формы рельефа вне зависимости от их генезиса (эрозионные, денудационные, аккумулятивные, вулканические). Определение ориентировано на получение информации о рельефе и рельефообразующих процессах, заключенной в условиях залегания, составе и структуре геологических тел, слагающих преимущественно верхнюю часть общего стратиграфического разреза. Для геоморфологических исследований и неотектонического анализа наиболее важно решение следующих вопросов: 1) продолжительность и направленность событий, связанных с формированием современного рельефа или неотектонической структуры; 2) геологический возраст и происхождение форм рельефа; 3) реконструкции палеогеографических условий в зонах формирования аккумулятивных и деструктивных форм рельефа на определенных этапах развития.

Несколько слов об отношении понятия "коррелятные отложения" к понятиям "тектономорфный комплекс горных пород", "конформный комплекс", предложенным Г.И. Худяковым /1975/. Различия при внешней близости и кажущемся подобии определений имеют глубокий методологический смысл и определяются целевым назначением понятий. Если понятие о коррелятных отложениях направлено на использование геологической информации в геоморфологических целях, то предложенные Г.И. Худяковым понятия служат, на наш взгляд, решению задач комплексного геолого-геоморфологического синтеза - геоморфотектоники в понимании Б.Л. Личкова /1952/. Это, конечно, не исключает существования других мнений о целевых назначениях рассматриваемых понятий.

Принципы и правила выделения коррелятных отложений

Главная особенность анализа коррелятных отложений заключается в том, что сопоставляются формы и грани рельефа земной поверхности с объемными геологическими телами. Структура рельефа определяется пространственными отношениями его элементов и морфографическими свойствами последних. Рельеф мы рассматриваем обычно как совокупность неровностей земной поверхности, не наполняя последние вещественным содержанием (за исключением специальных случаев). Коррелятные отложения характеризуются пространственными отношениями составляющих их геологических тел, а также вещественным содержанием. Следовательно, мы сопоставляем структурно-морфографические характеристики рельефа и структурно-вещественные свойства геологических тел. В этом сопоставлении в методологическом отношении кроется некоторая несообразность, которая должна быть компенсирована устойчивостью и ясностью определений понятий, принципов и правил, методических приемов и ограничением списка изучаемых свойств геологических тел лишь теми, которые несут информацию, полезную для решения геоморфологических задач. Надо учесть, что понятие "коррелятные отложения" по существу генетическое и поэтому оно несет в себе некоторую неопределенность. Это обстоятельство делает особо необходимой формулировку общих принципов выделения коррелятных геологических тел.

При выделении коррелятных отложений, видимо, достаточно руководствоваться тремя основными принципами: 1) одноранговости (соразмерности) форм рельефа и коррелятных им геологических тел; 2) подобия геологических границ и граней рельефа; 3) геолого-геоморфологических связей (принципом системности).

Принцип одноранговости означает, что могут сопоставляться между собой формы рельефа и геологические тела, относящиеся к одинаковым (или одним и тем же) уровням организации земной поверхности и геологической структуры. Следовательно, эти формы рельефа и геологические тела должны занимать равные по-

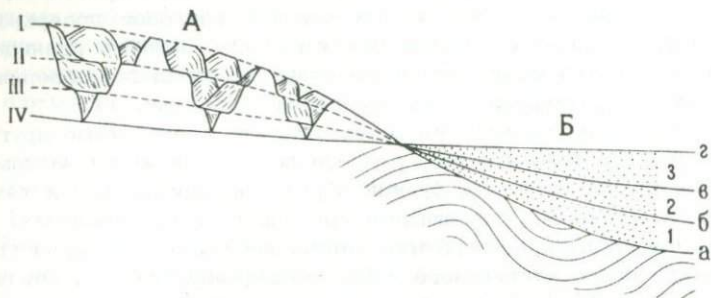


Рис. 1. Установление объема коррелятных отложений. Форма рельефа (А) соразмерна с геологическим телом (Б), ее поверхность (I) подобна подошве осадков (а). Геологические тела 1-3 коррелятны соответствию ярусам рельефа II-IV. Геологические границы (а-в) подобны аккумулятивной равнине (г), что определяет объем выполняющих отложений.

ложения в соответствующих иерархических (ранговых) классификациях. Например, об истории развития рельефа Байкальской рифтовой зоны нельзя судить по результатам специального анализа отложений какой-либо одной межгорной впадины. Рельефу рифтовой зоны коррелятны осадочные и вулканогенно-осадочные формации впадин байкальского типа в целом. Сводовому нагорью Большого Кавказа коррелятно выполнение сопряженных краевых и межгорных прогибов. Поднятию хр. Хамар-Дабан на юге Восточной Сибири коррелятны осадки сопредельных Тункинской, Торской, Быстринской и Южно-Байкальской впадин. Наконец, плоским водораздельным поверхностям на хребте коррелятны слагающие их покровы кайнозойских базальтов.

Использование принципа одноранговости во многих случаях затруднительно, поскольку существующие геологические и геоморфологические классификации не всегда сопоставимы, а часто искусственны и построены без учета иерархических отношений природных объектов. В общем случае, по-видимому, необходимо сопоставлять формы рельефа и геологические тела равных размеров. Тогда принцип одноранговости преобразуется в свою разновидность - принцип соразмерности.

Принцип подобия геологических границ и геоморфологических поверхностей означает, что коррелятными могут считаться лишь те геологические тела, подошва которых морфологически близка или подобна характеру поверхности геоморфологического объекта (рис. 1). В случае аккумулятивных форм рельефа это подобие определяется последовательным приближением морфологии внутренних геологических границ к строению внешней поверхности коррелятного тела. Для деструктивных форм рельефа часто наблюдаются так называемые "ножницы", когда геоморфологические поверхности как бы ныряют под покров молодых отложений и переходят в геологические границы.

Это простейший случай, а в любых других решающим признаком оказывается наличие одинаковых или близких наклонов поверхностей рельефа и углов падения геологических границ. Нижними границами коррелятных геологических тел чаще всего оказываются поверхности угловых и стратиграфических несогласий (см. рис. 1).

Принцип системности означает, что коррелятные друг другу геологические тела и формы рельефа должны являться частями сложной природной системы, будучи образованными одними и теми же или сопряженными (сменяющимися друг друга в пространстве) процессами. Поскольку процессы невозможно наблюдать непосредственно в течение всего длительного этапа рельефообразования, связи элементов системы "рельеф — геологические тела" могут быть установлены лишь по определенным свойствам вещества коррелятных отложений. В обычном случае такие связи устанавливаются по подобию геологического строения в пределах скульптурной формы рельефа и петрографического состава обломков в зоне аккумуляции. Связями элементов рассматриваемой системы являются потоки продуктов выветривания.

В случаях, когда вещество геологических тел не несет информации о положении питающей провинции, а соблюдаются требования одноранговости и подобия границ, необходимо говорить не о коррелятных геологических телах, а о синхронных отложениях. Переходы коррелятных отложений в синхронные представляют обычное явление в структуре межгорных впадин, где происходит последовательная смена грубообломочных пород в прибортовых частях на алевритопелитовые в осевых. Установить корреляцию последних осадков с какими-либо формами рельефа чаще всего не представляется возможным.

Понятие о синхронных отложениях важно и при анализе подводного рельефа, когда сведения о геологической структуре ограничиваются геофизическими данными. Например, результаты сейсмического непрерывного профилирования хорошо отражают слоистую структуру геологических тел и позволяют выделить среди них одноразмерные и подобные формам подводного рельефа. Вещественный состав геологических тел в большинстве остается неизученным, и поэтому невозможно определить системные связи форм рельефа и элементов геологической структуры.

Принципы установления коррелятных форм рельефа геологических тел имеют различное значение в зависимости от генезиса рельефа. Принцип системности особенно важен при определении геологических тел, коррелятных скульптурным формам. Принцип подобия приобретает существенное значение в случае аккумулятивных форм, где объем слагающих их отложений может быть определен именно по сходству условий залегания поверхностей напластования и морфологии земной поверхности.

Кроме обязательных принципов выделения коррелятных отложений существуют, так сказать, неписанные правила, из которых важнейшими являются следующие. Во-первых, к коррелятным отложениям относятся слоистые геологические тела. Исключения из этого,

вероятно, редки. Во-вторых, геологический возраст отложений, коррелятных скульптурным формам, всегда моложе горных пород, слагающих эти формы. В-третьих, направления падения границ коррелятных геологических тел и наклонов граней рельефа обычно близки или одинаковы.

Типы коррелятных отложений

По отношениям к элементам рельефа коррелятные отложения делятся на три разновидности. К первой относятся геологические тела, коррелятные скульптурным формам рельефа. Это те геологические тела, которые выбираются из геологической структуры на основании большинства определений соответствующего понятия (см. выше). Их можно назвать сопряженными отложениями, подчеркивая наиболее существенное свойство в пространственных отношениях подобия геологических тел с формами рельефа, равно как и взаимосвязанность соответствующих процессов рельефообразования и осадконакопления.

Ко второй разновидности коррелятных отложений относятся геологические тела, слагающие аккумулятивные формы рельефа. Их, в свою очередь, необходимо разделить на две категории. В случаях, когда аккумулятивные формы рельефа образуются путем заполнения осадками каких-либо исходных понижений (полей форм), следует говорить о выполняющих отложениях. В других случаях слоистые геологические тела последовательно наращивают выпуклые формы рельефа. Это вулканические конусы и массивы, атоллы и барьерные рифы, сложенные органогенными известняками /Шепард, 1969; География атоллов..., 1973/; различного рода и размеров аккумулятивные формы, сложенные преимущественно терригенным материалом, образующиеся за счет донных течений в абиссальной зоне океанов /Леонтьев, 1977/. Такие коррелятные геологические тела можно было бы назвать строящимися отложениями.

Третью разновидность составляют так называемые фиксирующие образования /Марков, 1948/. Это коры выветривания, остаточные образования на поверхностях выравнивания, остаточные и им подобные образования. Они обладают рядом особенностей, отличающих их от слоистых геологических тел. У фиксирующих образований отсутствует, слоистая структура, замещаемая зональностью разреза, часто отсутствует ясно различимая подошва (коры выветривания). В большинстве случаев это автохтонные образования, залегающие непосредственно на гранях рельефа, с которыми они находятся в коррелятных отношениях. В известной мере фиксирующие образования представляют собой связующее звено между формами рельефа и собственно коррелятными отложениями. По крайней мере, их изучение позволяет надежнее устанавливать геолого-геоморфологические связи в естественной системе "форма рельефа - коррелятные геологические тела".

Среди фиксирующих образований следует особо выделить реликты существовавших в прошлом геологических тел. Это рассеянный на гранях рельефа (обычно реликтовых) обломочный материал, не образующий существенных скоплений. Таковы, например, многочисленные высыпки рассеянной кварцевой гальки на плоских водоразделах западного побережья Байкала у бухты Ая на участке распространения докембрийских мраморов.

С формами рельефа коррелятные отложения могут находиться в различных пространственных отношениях. Наиболее простой случай характеризуется наличием общей границы (отношение соседства), когда коррелятность геологических тел формам рельефа устанавливается довольно просто. Нередко фиксируется и пространственная разобщенность форм рельефа и коррелятных геологических тел. В этом случае важную роль приобретает изучение связей в системе "форма рельефа – геологическое тело". Третий тип представляет собой включение, когда геологическое тело со всех сторон граничит с формой рельефа, которой оно коррелятно. Это также распространенное явление, примером которого служат аллювиальные отложения разветвленной долинной сети, осадочные толщи внутригорных впадин в пределах горных сооружений. И наконец, отношение совмещения характерно для аккумулятивных форм рельефа, которым коррелятны выполняющие их отложения. Тип пространственных отношений меняется в зависимости от того, на каком уровне объектов устанавливается коррелятность.

Строение коррелятных отложений

Геоморфолог в практической деятельности имеет дело с такими структурами и типами отношений геологических тел, которые обычно остаются вне поля зрения при геологических исследованиях (рис. 2). В последнем случае исследуются геологические тела, сформированные в зонах конечной аккумуляции (см. рис. 2, А). Стратиграфическая последовательность здесь определяется в соответствии с законом Стено – в нормальном залегании вышележащий слой моложе нижележащего /Общая стратиграфия, 1979, с. 87–89/. Это облегчает и получение соответствующей историко-генетической информации, если речь идет о коррелятных отложениях. Отношение налегания в коррелятных отложениях (см. рис. 2, А) встречается в крупных бассейнах аккумуляции.

В зонах промежуточной ("эфемерной") аккумуляции – в речных долинах горного рельефа, береговой зоне морей и озер и т.п. – мы нередко наблюдаем иные отношения разновозрастных геологических тел, имеющих обычно, несмотря на сложную структуру, небольшие объемы и сформированных в короткие в геологическом понимании отрезки времени. Часто разновозрастные геологические тела в ненарушенном залегании сменяют друг друга по латерали и находятся в отношении прилегания (см. рис. 2, Б). В этом случае стратиграфическая последовательность слоев и вытекающие из нее

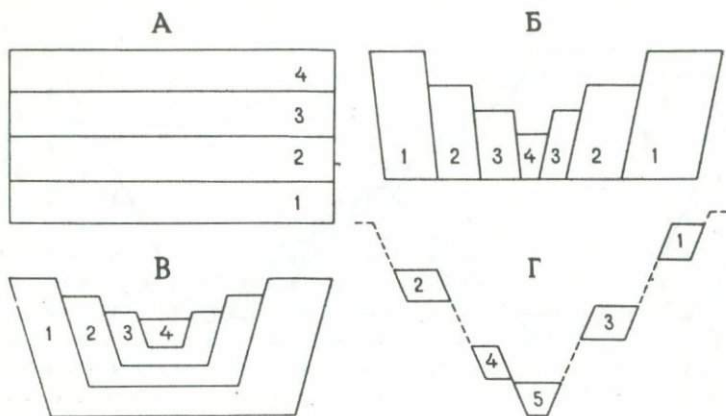


Рис. 2. Типы отношений геологических тел: налегание (А), прилегание (Б), вложение (В) и пространственная разобщенность (Г). Здесь и на рис. 3 цифрами обозначена стратиграфическая последовательность геологических тел от древних к молодым.

историко-генетические реконструкции устанавливаются с трудом, и возможны ошибки, поскольку последовательность прилегания по laterали может измениться на обратную. При отношении прилегания разновозрастные геологические тела могут образовывать сложнейшие пространственные комбинации, и часто для выявления их стратиграфической последовательности решающую роль приобретают геоморфологические методы.

Третий тип отношений коррелятных геологических тел представляет собой комбинацию отношений налегания и прилегания и может быть назван отношением вложения (см. рис. 2, В). Как и прилегание, это отношение разновозрастных толщ весьма характерно для аллювиальных отложений. Установление стратиграфической последовательности здесь также затруднительно при отсутствии вертикальных пересечений, но и при этом в последних могут быть не встречены части общего разреза.

В горных районах, на участках молодых поднятий, часто фиксируется такое расположение коррелятных геологических тел, когда они пространственно разобщены. Эта ситуация свойственна речным долинам с цокольными террасами (см. рис. 2, Г). Обычно при отношении пространственной разобщенности разновозрастных толщ в речных долинах более древние из них залегают на большей высоте, чем молодые, и в этом случае установление стратиграфической последовательности снова требует использования геоморфологических методов.

Простые отношения геологических тел в зонах промежуточной аккумуляции образуют сложнейшие сочетания. Примером могут служить речные долины Верхнего Приамурья и Забайкалья, где разно-

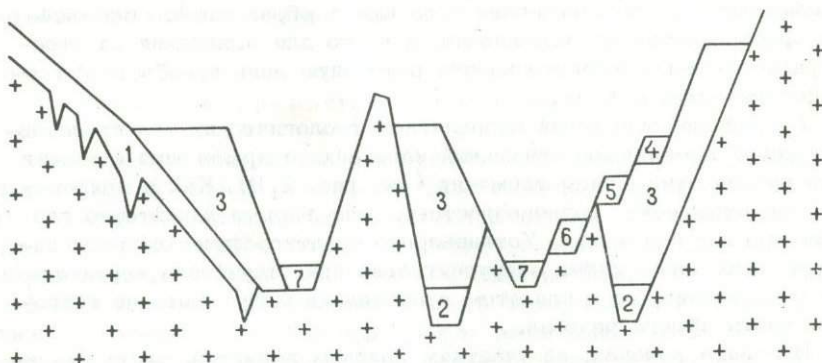
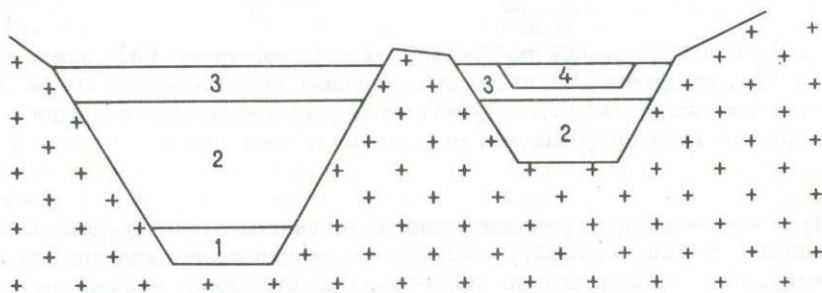
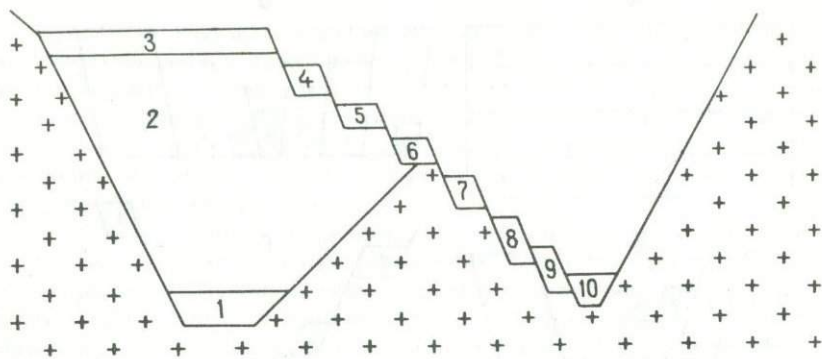


Рис. 3. Условия залегания рыхлых отложений в различных районах Юго-Восточного Забайкалья /Геоморфологические исследования, 1965/. Несколько схематизировано. Крестиками обозначены докайнозойские породы.

возрастные толщи рыхлых отложений выполняют погребенные и молодые врезы, залегают в цокольных террасах, прилегают друг к другу (рис. 3). Изменение характера отношений геологических тел по латерали происходит довольно быстро (часто на расстоянии в сотни метров), и это обстоятельство еще более усложняет установление стратиграфической последовательности.

Типы отношений коррелятных геологических тел имеют важное значение при реконструкциях процессов рельефообразования в зонах аккумуляции. В частности, при изучении неотектонических движений отношение налегания крупных геологических тел рассматривается как следствие преобладания общих погружений, отношение прилегания свидетельствует либо о смене этапов врезания этапами аккумуляции под воздействием колебательных движений либо является отражением наложения друг на друга циклов развития рельефа различной продолжительности. Отношение вложения свидетельствует о преобладании общего погружения, осложняемого этапами врезания, связанными либо с изменениями климатических условий, либо с кратковременными поднятиями. Вообще при интерпретации отношений прилегания и вложения роль климатических факторов нельзя недооценивать. Наконец, случай, изображенный на рис. 2,Г, является следствием общего преобладающего поднятия. Прилегание, вложение и пространственная разобщенность характерны для геологических тел, включенных в формы рельефа, которым они коррелятны.

Интерпретация разрезов коррелятных отложений

4573

Поскольку коррелятные отложения являются вспомогательным объектом геоморфологических исследований, составляющие их геологические тела изучаются по избранным свойствам в целях обеспечения реконструкций истории развития рельефа, процессов рельефообразования и поэтапных палеогеоморфологических обстановок. Чередование событий в истории развития рельефа выводится из стратиграфической последовательности и пространственных отношений геологических тел. Палеогеоморфологические условия реконструируются по вещественному составу коррелятных тел и его изменениям по разрезам и латерали. Общая последовательность анализа коррелятных отложений состоит из двух этапов, первый из которых представляет собой комплекс операций по установлению коррелятных геологических тел, а на втором анализируются структурно-вещественные особенности этих тел по определенным свойствам. На первом этапе последовательно выполняются следующие операции: 1) сопоставляются ранги или размеры геологических тел и форм рельефа; 2) находятся подобные поверхности рельефа и геологические границы; 3) выделяются естественные системы "геоморфологический объект - коррелятное геологическое тело". Что касается второго этапа анализа коррелятных отложений, то здесь используются многочисленные методы, детальная характеристика которых приведена в методических руководствах по геологическому картированию и изучению четвертичных отложений. Можно лишь указать, что изучение структурно-вещественных характеристик осуществляется в двух направлениях - для историко-генетических реконструкций областей аккумуляции или для питающих провинций. Для реконструкций истории развития рельефа областей аккумуляции наибольшее

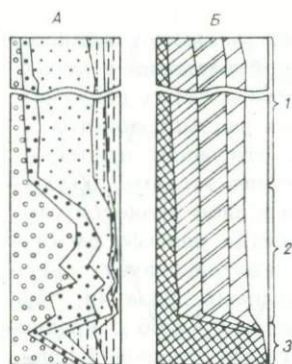


Рис. 4. Обобщающая характеристика разрезов констративного (1), перстративного (2) и инстративного (3) руслового аллювия горных и предгорных областей. А, Б - диаграммы гранулометрического (А) и петрографического (Б) состава псефитовой фракции (в левой части - содержания аллохтонных обломков).

Материалом для построения обобщающей модели послужили результаты изучения неоген-четвертичных аллювиальных отложений Центрального и Юго-Восточного Забайкалья /Уфимцев, 1971; Малаева, Уфимцев, 1976/.

значение имеют следующие характеристики коррелятивных геологических тел: типы отношений элементарных тел, состав геологических тел и его вариации по разрезу и латерали, типы свит рыхлых отложений, соотношение аллохтонного и автохтонного материала в осадках.

Индикатором тектонических условий в зоне осадконакопления являются вариации гранулометрического состава геологических тел. На изучение этих свойств коррелятивных отложений (за исключением, пожалуй, аллювиальных осадков) обращается еще недостаточно внимания. Выделено три вида аллювиальных свит: констративный аллювий; перстративный аллювий, формирующийся при стабильных тектонических условиях; инстративный аллювий зон поднятий и эрозионного врезания /Ламакин, 1948; Шанцер, 1966; Карташов, 1972/. В аллювиальных отложениях поведение гранулометрического состава отложений и петрографического состава обломков является индикатором тектонических условий зоны аккумуляции и, следовательно, условий россыпеобразования. Между тем еще отсутствуют методические приемы, позволяющие объективно выделять типы аллювиальных свит, особенно в горных районах. Наглядные результаты дает способ изучения аллювия, основанный на лабораторных анализах, с построением специальных диаграмм, отражающих изменение избранных свойств по разрезам (рис. 4). Особенно наглядны и удобны диаграммы гранулометрического состава, на которых довольно ясно отражаются особенности строения русловых фаций аллювиальных свит. В русловой фации констративного аллювия практически отсутствует дифференциация обломков по размерности, обусловленная тем, что поступающий в зону погружения обломочный материал практически сразу переходит в осадок, не испытывая заметных перемылов. В результате формируются однородные мощные (до 100 м и более) толщи, не обладающие заметно выраженной слоистостью, за исключением быстро выклинивающихся косослоистых серий. Примером служит неогеновый белесый аллювий Восточного Забайкалья /Малаева, Уфимцев, 1976/. Для перстративного аллювия характерны изменения

гранулометрического состава по разрезу как следствие неоднократного перестроения при стационарном положении русла.

Инстративный аллювий сложен преимущественно осадками плотиковой фации, обладает малой мощностью (первые метры) и обнаруживает интересные изменения гранулометрического состава по разрезу. В верхах разреза обычно наблюдается маломощный слой тонкообломочного материала с заметным содержанием пелитовой фракции. Вниз по разрезу быстро начинает преобладать валунно-галечный материал, однако содержание пелит-алевритовой составляющей остается высоким — черта, чрезвычайно характерная для плотиковой фации /Шанцер, 1966/. В отличие от перстративного и констративного аллювия, у которых петрографический состав обломков по разрезу мало изменяется, у инстративного аллювия преобладает автохтонный материал.

Вообще соотношение в осадках автохтонного и аллохтонного материала нередко позволяет оценить дифференциацию тектонических движений в эпоху аккумуляции. Увеличение содержания автохтонного материала характерно для относительно приподнятых или слабо погруженных участков, поскольку потоки автохтонного материала скатываются в зоны максимального погружения.

Для реконструкций последовательности событий в питающей провинции (деструкционной форме рельефа) наибольшее значение имеет установление общих тенденций изменения гранулометрического и петрографического состава грубообломочных фракций по разрезу коррелятных отложений и, если речь идет о сложно построенных геоморфологических объектах, установление связей между отдельными формами рельефа (террасовыми уровнями, ярусами рельефа и т.п.) и составляющими коррелятного геологического тела. В этом случае коррелятные связи наилучшим образом могут быть установлены посредством сопоставления состава образований, фиксирующих формы рельефа, и собственно коррелятных отложений. При изучении гранулометрического состава коррелятных отложений обычно обращается внимание на общие тенденции изменения его по разрезу как функции развития рельефа в питающей провинции. Погружение материала вверх по разрезу, характерное для разрезов неоген-четвертичных отложений Забайкалья и юга Дальнего Востока, например, можно интерпретировать как свидетельство увеличения во времени контрастов рельефа горных областей.

Специализированные модели коррелятных отложений

Информация, получаемая путем изучения коррелятных отложений, должна быть представлена определенным, удобным для целей геоморфологического анализа образом. Анализ литературы показывает, что существуют, видимо, четыре основных вида специализированных моделей коррелятных отложений.

А. Модели собственно коррелятных отложений, где показаны состав, структура и возраст геологических тел. Эти модели практически не дают интерпретации материала, предоставляя читателю самому делать соответствующие выводы.

Б. Модели соотношений форм рельефа и коррелятных отложений, используемые для характеристики взаимосвязей скульптурных форм и сопряженных с ними геологических тел.

В. Комплексные модели типа "рельеф — коррелятные отложения", в которых оба компонента этих природных систем отождествляются. Данные модели используются в случаях аккумулятивных форм рельефа и слагающих их отложений.

Г. Модели-выводы — интерпретационные модели возраста, генезиса форм рельефа и процессов рельефообразования, основанные на результатах специального изучения структурно-вещественных характеристик геологических тел. Такие модели полностью специализированы и имеют чисто геоморфологический смысл.

Простые модели коррелятных отложений могут различным образом комбинироваться в сложные, число которых, судя по всему, не превышает пяти. В большинстве случаев модели соотношений рельефа и коррелятных отложений и модели-выводы дополняются моделями структурно-вещественных характеристик геологических тел, отображающими фактологическую сторону построений. Это сложные модели типа (Б + А), (В + А) и (Г + А). Кроме того, используются сложные модели типа (Б + Г) и (В + Г), где показ соотношений рельефа и геологических тел сопровождается характеристиками возраста и происхождения первого.

При региональных геоморфологических исследованиях чаще всего изучаются геологические тела небольших размеров, но сложной структуры. Мощности склоновых отложений редко превосходят 5–6 м, аллювиальные отложения в горных долинах имеют суммарную мощность в первые десятки метров и редко достигают 100 м и более. Соответственно этому в обычных случаях малы и объемы коррелятных геологических тел. Если при тектонических построениях, например для историко-генетических выводов, привлекаются сведения о структуре и веществе геологических тел уровня формаций, то геоморфолог аналогичные выводы делает, изучая геологические тела уровня слоев и пачек. Следовательно, возникает необходимость построения специализированных классификаций последних и унификации приемов интерпретации геологического материала. В первую очередь необходимо, по-видимому, разделение отложений различных генетических типов на группы, формирующиеся в различных условиях, как это сделано для аллювиальных осадков /Ламакин, 1948; Шанцер, 1966/.

Другой проблемный вопрос изучения коррелятных отложений заключается в разработке уровневых сопоставлений между формами рельефа и геологическими телами. Затруднения возникают в связи с разными объектами исследований и отсутствием соответствующих классификаций, в которых можно было бы легко обнаружить формы рельефа и геологические тела одного уровня. Например, было бы

заманчиво выделить одноуровневные формы рельефа для ряда "слой - пачка - свита - серия (комплекс) - структурно-формационная зона". Если обратиться к неотектонике Дальнего Востока /Уфимцев, 1977/, можно наметить следующие сопоставления. Неотектоническим выполнением орогенных впадин в целом; неотектонические зоны, по видимому, могут быть сопоставлены с формациями; простые и сложные неотектонические формы - со свитами и толщами. Меньшим по размерам неотектоническим дислокациям, вероятно, соответствуют отдельные пачки и слои.

АНАЛИЗ РЫХЛЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ СОВРЕМЕННЫХ ЭКЗОГЕННЫХ РЕЛЬЕФОБРАЗУЮЩИХ ПРОЦЕССОВ

В настоящее время, когда осваиваются новые, еще слабо исследованные территории Сибири, требуется все больше знаний о тех естественных природных процессах, с которыми приходится встречаться. К таким процессам относятся и постоянные изменения рельефа под воздействием экзо- и эндогенных факторов. В процессе хозяйственной деятельности человек постоянно сталкивается с современными экзогенными процессами рельефообразования (СЭПР) и при незнании закономерностей их развития и взаимообусловленности может нанести вред народному хозяйству и природной среде. Так, в районах интенсивного сельского хозяйства могут резко усилиться смыв почвы и дефляция, когда уносится наиболее плодородный слой почвы, а овраги разрушают не только пахотные земли, но и дороги и строения. При промышленном освоении территории крупные выемки грунта могут способствовать возникновению оползней, обвалов и других явлений. В горах при строительстве дорог и других коммуникаций при неосторожном подрезании склонов развиваются мощные обвалы, камнепады, оплывины, лавины и пр.

Разумная хозяйственная деятельность человека может все эти вредные процессы сильно ослабить, прекратить или предотвратить. Следовательно, задачей исследователя является разработка рекомендаций при освоении и эксплуатации территории. Возникает необходимость научно обоснованного прогноза не только естественных процессов рельефообразования, но также тех изменений, которые произойдут в результате возрастающей антропогенной нагрузки, особенно в районах Сибири.

Исследование современных экзогенных процессов рельефообразования в Сибири производится многими научными и производственными коллективами. Эти исследования в основном посвящены выяснению закономерностей формирования склонов, много работ пуб-

ликуется по водной и ветровой эрозии, устанавливаются общие закономерности развития педиментов и поверхностей выравнивания. Значительное внимание уделяется стационарным исследованиям, где на ключевых участках много лет ведутся непрерывные наблюдения за линейной и площадной денудацией, лавинами, оползнями, эоловыми процессами и др. Менее изучена повторяемость того или иного процесса рельефообразования и ее соотношение с климатическими колебаниями. Это обусловлено недостаточным вниманием к стационарным работам, а также к тем отложениям, которые формируются в результате того или иного процесса. Слабо изучена интенсивность рельефообразующих процессов и возможность прогноза бурных (катастрофических) процессов: лавин, селей, обвалов и пр. Подобное положение не может удовлетворить науку и практику.

Понятие о современных экзогенных процессах рельефообразования

Экзогенные процессы формируют новые коррелятные им формы рельефа и отложения и, следовательно, по ним можно реконструировать экзогенные процессы прошлого. Такая реконструкция для прогноза необходима, так как без установления основных закономерностей развития того или иного процесса невозможно даже ставить вопрос об их научном прогнозе.

Экзогенные процессы могут изучаться и инструментальными методами или периодическими наблюдениями. Для точного изложения результатов таких исследований следует определить понятие "современные экзогенные процессы рельефообразования" (СЭПР) для обозначения объекта динамической геоморфологии. И.П. Герасимов /1970/ к современным экзогенным процессам рельефообразования относит такие, которые протекают на глазах человека. Эта формулировка современных экзогенных процессов рельефообразования слишком общая и не раскрывает полностью содержания всего понятия "современный", так как остается неясным, что принимать за временные пределы СЭПР. Предложенная формулировка И.П. Герасимова дополняется определениями, вошедшими в терминологические справочники /Тимофеев и др., 1977/. Указывается, в частности, что современные экзогенные процессы рельефообразования — это процессы выветривания, денудации и аккумуляции, которые могут наблюдаться и быть измеренными различными методами в настоящее время или тип и интенсивность которых могут быть установлены по историческим материалам. К процессам экзогенным современным относятся те, которые происходят в настоящее время, в недавнем геологическом прошлом, измеряемом десятками, сотнями и, в некоторых случаях, первыми тысячами лет (с. 87). Эта формулировка какой-либо твердо установленной нижней границы действия современных экзогенных процессов не дает. Изучение СЭПР должно проводиться с использованием исторического метода, так как их прогноз невозможен без знаний основных закономерностей

их развития во времени. Под современными экзогенными процессами рельефообразования, несколько изменив определение И.П. Герасимова /1970/, необходимо понимать такие, которые, раз возникнув, продолжают до настоящего времени. Для географии наибольший смысл изучения СЭПР заключается в их прогнозе на ближайшие 100–200 лет. Нужно прогнозировать их развитие на протяжении весьма короткого времени, а для этого и история их проявления должна быть изучена за сравнительно непродолжительный период, но с достаточной детальностью. Для прогноза СЭПР на ближайшее будущее совсем не требуется изучение их деятельности на протяжении многих тысяч и миллионов лет, когда закономерности их развития могли быть иными, чем в последнее время.

Таким образом, понятие "экзогенные процессы" неравнозначно понятию "современные экзогенные процессы рельефообразования". Изучение последних охватывает значительно меньший отрезок времени и требует других методов исследования. В частности, особое значение при их изучении приобретают стационарные наблюдения, анализ коррелятных отложений и использование аэрокосмической информации. Различия в их изучении такие же, как и при исследованиях неотектонических движений земной коры и современных тектонических движений. Если первые изучаются в основном геолого-геоморфологическими методами, то вторые главным образом опираются на геодезические работы /Мешеряков, 1981/.

Генерации и интенсивность СЭПР, которые обуславливаются климатическими ритмами, нужно рассматривать на фоне развития одного, более продолжительного гидроклиматического ритма. Таким ритмом целесообразно считать ритм увлажненности континента продолжительностью 1850 лет, открытый А.В. Шнитниковым /1957/. Использование границ этого ритма определяется тем, что он изучен на протяжении 2000 лет и особенно детально в последние 250–300 лет. А.В. Шнитников подчеркивает, что на фоне этого ритма на протяжении десятков лет XX в. действовали ритмы внутривековые, а их также нужно учитывать при исследовании и прогнозе современных экзогенных процессов рельефообразования.

Упомянутые гидроклиматические ритмы обуславливают сложности в использовании понятия "современный экзогенный процесс". По нашему мнению, термин "современный" в этом контексте приобретает некоторую условность, так как каждый экзогенный процесс должен рассматриваться и как современный, и как исторический. При определении времени действия экзогенного процесса нужно иметь в виду два возрастных рубежа: нижний, отвечающий времени возникновения экзогенного процесса, и верхний, который наблюдается в настоящее время. Он непостоянен и обозначает прогрессивное развитие процесса. Нижний рубеж в нашем понимании также должен иметь два значения: палеогеографическое, которое выходит за временные рамки последнего гидроклиматического ритма в 1850 лет и соответствует времени начала действия процесса в данном месте, и современное, которое находится во временных пределах последнего ритма в 1850 лет и наблюдается в настоящее время. Подоб-

ное понимание СЭПР обуславливает необходимость исторического подхода к ним. Вместе с тем для изучения СЭПР прекратившийся процесс не представляет интереса. Он не наблюдается непосредственно, и его изучением должна заниматься палеогеография.

При изучении современных экзогенных процессов интересны те, которые продолжаются в настоящее время, создавая определенный тип коррелятивных отложений и форм рельефа. Если конечная морена была отложена в XVII в., и ледник отступил с середины XIX в. на 1000 м, подчиняясь гидроклиматическому ритму продолжительностью в 1850 лет, то гляциальный процесс на месте этой конечной морены прекратился, и он интересует теперь палеогеографию. На месте этой конечной морены ведущим становится флювиальный процесс, а гляциальный может возобновиться лишь при новом наступании ледника. Другой пример относится к сформированным конусам выноса в горах Алтая. Ущелье р. Курайки открывается в Курайскую впадину огромным конусом выноса. В настоящее время его формирование прекратилось. Ведущим процессом сейчас здесь является не накопление галечников, а их размыв. Таким образом, формирование конуса выноса происходило раньше, а современный процесс представлен донным размывом, определившим формирование в теле конуса выноса террасы высотой до 9 м. Общий вид конуса выноса уже не позволяет делать вывод, что здесь происходит аккумуляция. Изучение процесса накопления галечников в конусе выноса является сферой палеоклиматических реконструкций.

Процесс, который к настоящему времени прекратился, может быть оживлен деятельностью человека. Так, левобережье р. Бии у г. Бийска представлено низкой террасой р. Бии. С поверхности терраса сложена хорошо отмытым песком, образующим дюны, заросшие густым сосновым лесом. В обычных условиях дюнный рельеф не развивается, будучи бронированным растительным покровом. Но местами, вследствие уничтожения человеком растительной защиты, формируются новые формы эолового рельефа.

Таким образом, для прогноза современных экзогенных процессов рельефообразования требуется установить определенные временные границы их проявления. Определение временных границ исследования экзогенных процессов должно базироваться на системе гидроклиматических ритмов, развивающихся на фоне одного более крупного колебания климата исторического масштаба. Целесообразно учитывать гидроклиматические колебания в 1850 лет. Это обеспечивает соответствующую детальность наблюдений, обеспечивающую прогноз СЭПР на ближайшие 100–200 лет.

Основные факторы развития современных экзогенных процессов рельефообразования

Движущей силой современных экзогенных процессов является солнечная энергия в сочетании с силой тяжести, которая через физико-географические условия определяет тип и продолжительность

действия того или иного процесса. Среди многообразия причин возникновения и развития экзогенных процессов важнейшую роль в изменении их характера играют климатические условия /Мещеряков, 1981/. Климатические условия могут непосредственно определять характер экзогенных процессов. Возрастание сухости ведет к усилению одних процессов и ослаблению других, увлажнение может быть причиной появления новых, ранее отсутствовавших на изучаемой территории процессов. Вместе с тем климат вызывает генерацию процессов через посредство других факторов, которые порождают активное экзогенное рельефообразование. К второстепенным факторам нужно отнести биосферу, значение которой в современном рельефообразовании указано Н.А. Флоренсовым /1978/. Организмы на суше формируют специфические формы рельефа: муравьиные кучи, сфагновый грядово-мочажинный рельеф, норы грызунов и пр. Рельефообразующее значение биосферы заключается также в ее способности усиливать либо ослаблять прежние процессы и быть причиной их полного исчезновения или появления новых. Растительность может бронировать земную поверхность от водной эрозии, ветровой дефляции, суффозии и, напротив, задерживая влагу, обеспечивать развитие массовых перемещений грунтов на склонах.

Изменение экзогенных процессов рельефоформирования на континентах вызывают поверхностные и грунтовые воды. Вода производит огромную работу, которая в значительной степени контролируется климатом. Климат обуславливает и фазовое состояние воды. Лед определяет гляциальные процессы, перенос обломочного материала и его аккумуляцию, истирание породы до пелитов, производит экзарацию. Вода в твердом состоянии образует специфические формы рельефа в виде ледников. Водные и ледниковые потоки при изменении своей массы и температуры обуславливают смену одних процессов другими и провоцируют развитие новых процессов, ранее не проявлявшихся.

Фактором возникновения и развития СЭПР все больше становится человек, создающий новые формы рельефа. Хозяйственная деятельность вызывает искажение естественного хода процессов, их усиление или ослабление, возникновение или исчезновение. Деятельность человека может существенно изменить набор процессов в том или ином районе даже при значительных климатических колебаниях. Достаточно привести пример с созданием грандиозных водохранилищ гидроэлектростанций, коренным образом меняющих склоновые процессы на бортах водохранилищ. Наконец, важным фактором, обуславливающим развитие и смену одних процессов другими, является сам рельеф. Под влиянием выветривания, сноса и аккумуляции существенно меняется, например, профиль склона, в результате чего угасают прежние процессы и возникают новые, ранее здесь не наблюдавшиеся.

Особо нужно рассматривать перемещения продуктов выветривания, обусловленные современными движениями земной коры. Пока нет точных данных, какую роль играют эти движения земной коры, например, в развитии склонов. Интенсивность поднятий или тектонических опусканий в 10–15 мм/год на склонах вызывает, каза-

лось бы, небольшие изменения уклонов местности, значение которых оценить практически очень трудно. Ю.А. Мешеряков /1981/ считал, что медленные движения земной коры, протекающие одновременно с экзогенными процессами на фоне созданных ранее неровностей, практически не оказывают заметного влияния на ход экзогенных процессов. Вместе с тем он не рассматривал горные районы с высокой сейсмической активностью. Как показали исследования на юге Байкала, при сейсмических процессах за короткие промежутки времени перемешаются огромные массы горных пород путем обвалов, оползней, селей. Изучены следы грандиозных обвалов в горах Северного Забайкалья. Обрушившиеся массы горных пород часто загромаждают днища долин и образуют подпруженные озера, определяя развитие новых экзогенных процессов. В сейсмических районах изучение экзогенных процессов следует вести с учетом землетрясений, что усложняет прогноз развития экзогенных процессов, вызванных климатическими колебаниями. В таких районах прогнозировать различные катастрофические и многие медленные процессы на склонах можно только при учете сейсмических явлений.

В развитии современных экзогенных процессов пассивно проявляется геологическое строение местности — дизъюнктивы, контакты между породами различной податливости к выветриванию, замки складок, пласты легко растворимых пород и др. Само по себе геологическое строение не генерирует экзогенные процессы. Однако учет геологического строения требуется всякий раз, когда оценивается интенсивность экзогенных процессов, их направленность и возможность развития.

Таким образом, климатические условия при определенных рельефе, гидро-, биосфере и деятельности человека на фоне постоянно действующей силы тяжести являются причиной возникновения и развития современных экзогенных процессов рельефоформирования. Все их многообразие представляет собой результат взаимодействия этих факторов при ведущем значении климата. В сейсмических районах процессы, определяемые климатом, нарушаются эндогенными силами. Исследование первых здесь невозможно без учета вторых.

Приведенные факторы СЭПР являются основными; весьма возможно, что могут быть и другие. Некоторые из них имеют региональное значение и проявляются в различных местах суши по-разному. Иногда они прерываются на значительное время.

Учение о генетических типах отложений — геологическая основа реконструкции истории современных экзогенных процессов рельефоформирования

Современные экзогенные процессы рельефоформирования изучаются за сравнительно небольшие отрезки времени, поэтому коррелятивные им отложения, как правило, имеют малые мощности, измеряемые в некоторых случаях сантиметрами. Изучение таких отложе-

ний с целью реконструкции экзогенных процессов представляют немалую трудность. По-видимому, необходимо разработать соответствующую методику изучения таких маломощных пачек рыхлых отложений с целью восстановления прошлых незначительных климатических колебаний. Возможно, что решающим в таких исследованиях будет литологический метод. В первую очередь при таких работах необходимо определить генетический тип отложений, что само по себе важно при всяком изучении экзогенных процессов рельефообразования. Имеется ряд генетических классификаций рыхлых отложений. Не вдаваясь в споры по существу таких классификаций, на наш взгляд, целесообразно использовать наиболее разработанную классификацию генетических типов отложений, предложенную Е.В. Шанцером /1948, 1966/.

Денудация как общий процесс включает деятельность подземных вод, ледников, ветра, текущей воды, выветривания, силы тяжести. Соответственно этому Е.В. Шанцер /1948, 1966/ предложил выделить шесть генетических рядов континентальных рыхлых отложений. Каждый ряд делится на генетические группы и подгруппы, которые состоят из генетических типов.

Разработанная Е.В. Шанцером классификация осадочных образований характеризует рыхлые отложения, которые представляют собой результат деятельности экзогенных рельефообразующих процессов. Не всегда, однако, указанные в классификации генетические типы отложений отвечают процессу, который создал осадки. Например, генетический тип автохтонных торфяников (верховых и низовых) таксономически подчинен "группе" типов почв, что также соответствует элювиальному ряду (ряд коры выветривания). Между тем автохтонные торфяники — следствие биогенного рельефообразующего процесса, но при этом они относятся к озерно-болотному генетическому типу. Сфагновые торфяники являются причиной формирования сфагновых болот.

В этой классификации не учитывается и деятельность человека. Е.В. Шанцер объясняет это тем, что биогенные, хемогенные и антропогенные осадки не подходят под определение генетического типа. На наш взгляд, это не так. И хемогенные, и биогенные отложения находят свои места среди выделенных генетических типов и парагенетических групп отложений. То же самое относится и к геологическим результатам деятельности человека. Впрочем, сам Е.В. Шанцер /1966, с. 68/ отмечает, что органогенные, хемогенные и техногенные отложения следует выделять при изучении континентальных отложений в качестве особых генетических групп в случаях, когда они приобретают самостоятельное значение как практически важные объекты или как средство фациального анализа. В настоящее время при изучении генезиса рыхлых отложений нельзя не учитывать геологической деятельности человека. Техногенные отложения как крупные геологические тела возникли за каких-нибудь 100-200 лет и сейчас приобретают все большее значение в качестве самостоятельного генетического типа отложений.

Е.В. Шанцер /1948, 1966/ отмечает, что в природе часто встречаются отложения смешанного происхождения. Подобного рода отложения (делювиально-аллювиальные, делювиально-пролювиальные и др.) широко распространены и выделяются, когда нет возможности определить ведущий фактор в образовании соответствующих отложений. При формировании коррелятивных процессов отложений и форм рельефа одновременно действует много экзогенных процессов. Как пишут А. Кайе и Ж. Трикар /1959, с. 52/, "редко случается, что морфогенез будет зависеть только от одного процесса". Со всей определенностью это подчеркивает и Н.И. Николаев /1948/, который пишет, что на земной поверхности одновременно протекает ряд разнородных процессов, формирующих соответствующие коррелятивные отложения. Обвалы, оползни, конечные морены, например, суть результат не одного процесса, а их некоторого сочетания. Но всегда (за редким исключением) среди большого разнообразия процессов выделяется основной, ведущий. Этот процесс определяет характер наблюдаемого явления, и без него это явление не образовалось бы. Например, овраг с соответствующими коррелятивными отложениями объясняется действиями текущей воды. Все другие многочисленные процессы на дне и склонах оврага всего только сопутствующие. Для прогноза развития экзогенных процессов рельефоформирования это положение исключительно важно. В разрезах коррелятивных отложений, рассматриваемых как системы слоев, следует различать главные (системоформирующие) элементы и второстепенные (включения).

По нашим представлениям, каждый процесс определяет тип отложений и форму или формы рельефа. Учитывая приведенные замечания, предложенную Е.В. Шанцером /1966/ классификацию рыхлых отложений можно рассматривать как основной инструмент при реконструкциях начальных стадий проявления экзогенных процессов, продолжающихся в настоящее время. Обоснованная реконструкция экзогенных процессов прежде всего опирается на установление генетического типа коррелятивных процессу отложений.

Коррелятивные отложения и оценка возраста и интенсивности экзогенного процесса

Изменение механизма и интенсивности СЭПР может быть установлено с помощью стационарных исследований, что осуществляется, например, Институтом географии СО АН СССР. Эти исследования, слишком короткие по времени наблюдений, не превышают двух десятков лет. Они позволяют осуществить корреляцию лишь коротких гидроклиматических ритмов с ходом денудации. Более продолжительные изменения СЭПР можно проследить, используя исторические данные, но, к сожалению, в Сибири они не дают возможности провести повсеместные корреляции процессов и форм рельефа вследствие ограниченности наблюдений по территории и времени. Более полное исследование СЭПР можно провести с помощью анализа коррелятивных процессам отложений. Без всестороннего изучения

коррелятных отложений, использования исторических данных и стационарных исследований невозможно реконструировать ход развития СЭПР и выполнить последующий прогноз. При исследовании коррелятных отложений прежде всего нужно быть уверенным, что наблюдаемая пачка отложений соответствует ведущему экзогенному процессу. Исследователь должен с высокой точностью определять генетический тип отложений, отделять один тип осадка от другого. Без этого невозможно правильно реконструировать механизм процесса. При реконструкции СЭПР диагностика типов отложений вызывает трудности значительно меньшие, так как процессы рельефообразования и формирования коррелятных отложений непрерывны и могут наблюдаться в настоящее время.

При реконструкции СЭПР путем анализа коррелятных отложений прежде всего устанавливается время возникновения ведущего процесса и мощность осадков. Начало их формирования (в лучших случаях это абсолютный возраст) и оценка продолжительности ведущего экзогенного процесса могут устанавливаться различными методами, такими как дендрохронологический, лихенометрический и др. Большую ценность при таких исследованиях представляет определение абсолютного возраста по углероду (C_{14}) подошвы коррелятных отложений и этапов интенсификации и ослабления хода того или иного СЭПР. Оценка действия процесса экзогенного рельефоформирования по мощности коррелятных отложений дает возможность не только судить о его приуроченности или соответствии какому-либо ритму изменения климата, но также выяснить среднюю продолжительность процесса и его относительную интенсивность.

Продолжительность и относительная интенсивность современного флювиального процесса были определены нами в Центральном Алтае у устья р. Чикты, впадающей в р. Джасатор. На высоте 1800 м конус выноса, выдвинутый в долину р. Джасатор, имеет в поперечнике до 400 м. Под травянистой растительностью вскрываются галечник и гравий с отдельными грубыми обломками гнейса и метаморфических сланцев. Мощность галечников достигает 1 м. В основании галечников залегают слоистые пески с галькой, которые переполнены древесными веточками, стеблями и корешками. По определению В.А. Панычева и Л.А. Орловой, радиоуглеродный возраст остатков древесины не старше 230 лет (СОАН-1755). При мощности гравийных галечников 1 м средняя скорость накопления коррелятных отложений, соответствующих флювиальному процессу в пределах бассейна р. Чикты, составляла около 4 мм в год. Начало формирования описанного конуса выноса относится ко времени наибольшего увлажнения и максимального продвижения ледников стадии актру (фернау Альп). Оценка интенсивности процесса по росту мощности отложений в единицу времени характеризует интенсивность только относительную или поверхностную. Действительная или абсолютная интенсивность может быть получена путем измерения объема конуса выноса, что даст возможность судить о количестве материала, перемещенного процессом.

Т.А. Серебрянная /1981/ на Среднерусской возвышенности в верховьях балок, примыкающих к водоразделам рек Оки и Сейма, а также рек Оки и Десны, исследовала разрезы, где на торфяниках залегают делювиальные отложения. Возраст верхнего слоя торфяников в 10 км от с. Кромы (Орловская область) составляет 1490 ± 50 лет (ТА-427). Торфяник был перекрыт не ранее 1500 лет назад, нижний возрастной рубеж делювиального процесса определяется потеплением после исторической стадии (зимминг Альп). Средняя относительная интенсивность накопления делювиального чехла, залегающего на торфянике, достигает 0,83 мм в год. Т.А. Серебрянная приводит и другие разрезы, по которым можно оценить начало делювиального процесса и его относительную интенсивность. Средние значения скорости осадкообразования открывают возможность ближайшего прогноза описываемого процесса, так как маловероятно, что его направленность и интенсивность в ближайшее время могут сильно измениться.

Определение нижней границы действия СЭПР дает возможность коррелировать процессы с отложениями в пределах 1850–2000-летнего гидроклиматического ритма. На обычных геоморфологических картах возраст отложений и рельефа обозначается соответствующими индексами. Подобное обозначение нижнего возрастного рубежа СЭПР, если он не выходит за границы 1850-летнего ритма, неудобно. По-видимому, для каждого процесса необходимы более дробные временные характеристики, которые дают, например, величины абсолютного возраста.

Временная неоднородность и разномасштабность экзогенных процессов

Современные экзогенные процессы рельефоформирования отличаются временной неоднородностью и разномасштабностью. Одни из них медленны и непрерывны длительное время, и эффект их рельефоформирования проявляется постепенно. К таким процессам относятся делювиальный смыв, суффозия, десерпция и др. Эти процессы постоянно меняют свою интенсивность в связи со сменой сезонов года, а при короткопериодных климатических флуктуациях может происходить смена ведущего процесса. Например, по данным стационарных наблюдений, в степях длительное время ведущим является делювиальный смыв, который сопровождается эоловым процессом. При усилении сухости даже в годы 3–4-летнего ритма делювиальный процесс ослабевает, и ведущее значение приобретает эоловый. Один – два года дефляция, вынос продуктов выветривания и накопление мелкозема в ветровой тени и у подножий склонов усиливаются. В последующие годы того же ритма при увеличении количества атмосферных осадков восстанавливается прежняя интенсивность делювиального процесса /Титова, 1978; Рашба, Салюкова, 1979/. Это убедительно свидетельствует о частой сменяемости ведущего процесса даже при короткопериодических гидроклиматических ритмах.

Подобные замены в прошлом можно восстановить по коррелятным отложениям, при анализе которых должна фиксироваться смена генетических типов отложений. Таким способом, например, выявляется произошедшая смена ведущего процесса рельефообразования в Южно-Миусинской котловине вблизи Новониколаевского стационара Института географии СО АН СССР /Баженова, 1981/.

В настоящее время здесь преобладает делювиальный снос. Поверхность склонов, несмотря на интенсивный выпас и распашку полей, довольно плотно задернована степной растительностью. В недавнем прошлом здесь весьма интенсивно действовали эоловые процессы. Так, на северных склонах, обращенных к оз. Красному, сравнительно плавный вогнутый склон осложнен, кроме отдельных низовальных ниш, еще и низкими грядами-уступами, продольными склоны. Гряды сложены эоловыми образованиями - суглинком, супесью и мелким песком. На наветренных склонах ветер отпрепарировал поверхность куэст так, что выделились карнизы и уступы, сложенные более крепкими породами. Все эти формы свидетельствуют о том, что ранее была стадия преобладания эоловых процессов, а степень задернованности склонов была ниже современной.

Другая группа процессов протекает быстро. За короткий промежуток времени происходят существенные изменения в рельефе и формируются новые слои коррелятных отложений. К таким процессам относятся обвалы, камнепады, лавины, ледниковые пульсации, сплывы рыхлых отложений и пр. Эти процессы действуют иногда со значительными интервалами, во время которых происходит подготовка к их следующей активизации. Следы деятельности названных процессов сохраняются в отложениях и формах рельефа, по которым можно судить о масштабах и времени их действия. Так, на Алтае в горах Биш-Иирду, у ледника Малый Ак-Туру, на левой боковой морене залегают обвальная глыбовая толща мощностью до 20 м. Среди сланцевых глыб встречаются поломанные сухие деревья. Над полем этих отложений поднимаются скалы Кара-Таш высотой до 3500 м (над дном долины 1200 м). Глыбовые отложения датированы радиоуглеродным методом по древесине сломанных обвалом деревьев. Обвалы и лавины сходили здесь особенно интенсивно, согласно радиоуглеродным датировкам, 1860 \pm 20 (СОАН-1888) или 1875 \pm 15 (СОАН-1875) лет тому назад. В это время в связи с общим отступанием ледников снежность склонов резко уменьшается и создаются благоприятные условия для всякого рода катастрофических процессов. Обвалы со скалистого склона этой вершины продолжаются и в настоящее время. Так, в 1969 г., как сообщил сотрудник стационара Актру ТГУ М.А. Душкин, со скал Кара-Таш произошел обвал, объем которого оценивается приблизительно в 75 000 м³, причем пыль от этого обвала проникла на несколько километров вниз по долине.

С самого начала организации исследований СЭПР необходимо ставить задачу выяснения связи изучаемого процесса с климатическими колебаниями. Нельзя изучать современные процессы, не увязывая их с определенными гидроклиматическими ритмами, разви-

вающимися на фоне 1850-летнего ритма. Периодичность СЭПР может определяться ритмами самой различной продолжительности. Например, на склонах хр. Хамар-Дабан средний период катастрофических селей, по наблюдениям за 100 лет, составляет 10-15 лет /Будз, 1964; Галкин, 1970/. Подобный интервал близок к 11-14-летнему гидроклиматическому ритму. В.Е. Прока /1978/ сообщает о "вспышках" геоморфологических процессов в Молдавии примерно через 30-40 лет. Он, в частности, отмечает повсеместное усиление оползневых процессов; заметный рост оврагов имеет приблизительно 30-40-летний интервал.

Согласно А.В. Шнитникова /1957/, А.В. Ступишину, Д.А. Тимофееву /1981/, активизация катастрофических процессов определяется во многих случаях тем или иным гидроклиматическим ритмом в связи с резким увеличением увлажненности и интенсивности атмосферных осадков, потеплением на севере, а в горах - бурным сходом снега. Но и так называемые "медленные" процессы ускоряются при возрастании влажности, причем это ускорение может быть обусловлено короткопериодичными климатическими ритмами.

В природе наблюдаются две группы процессов, которые могут соответствовать одной и той же гидроклиматической ритмичности. Одни из них резко реагируют на климатические изменения, другие действуют непрерывно, лишь изменяя свою интенсивность. Однако "втиснуть" все случаи наблюдаемых лавин, обвалов, камнепадов, оползней в тот или иной ритм не представляется возможным, так как многие из этих процессов могут быть вызваны другими причинами: сейсмическими явлениями, ходом выветривания, деятельностью человека. Одна и та же причина может обусловить генерацию и быстрых и медленных процессов. Постепенное изменение климата может генерировать как медленные, так и быстрые процессы. Вместе с тем резкое изменение условий развивающихся процессов, как правило, вызывает быстрые явления и активизирует медленные. Так, сейсмический толчок предопределяет обвалы в горах и одновременно способствует ускорению незаметных оползаний грунта. Резкий подъем уровня воды в русле вызывает многочисленные обвалы вдоль берегов, а вместе с тем происходит медленное накопление пойменных отложений. Медленные и быстрые процессы сложно сочетаются и взаимодействуют, они могут сменять друг друга, развитие одного процесса может проворачивать другой. Нивация, расширяющая нишу в горах, благодаря увеличению крутизны склонов может быть причиной камнепадов. Крупный обвал, напротив, сменяется перемещением его продуктов путем десерпции, солифлюкции и другими склоновыми процессами. Отмечаемая смена СЭПР фиксируется в соответствующих коррелятных отложениях. Предстоят детальные исследования отложений медленных и быстрых процессов. Известные в настоящее время их отличия еще недостаточны для анализа и прогноза. Нужно разработать четкие критерии, например, для того, чтобы безошибочно отличать один генетический тип отложений от другого. До сих пор исследователи путаются в определении генезиса отложений, особенно селевых, ледниковых, солифлюкционных и т.п.

Направление дальнейших исследований современных экзогенных процессов

Возникновение и развитие СЭПР, их активность и угасание объясняются не только климатическими изменениями, но и другими факторами, сложно взаимодействующими с климатом. Деятельность экзогенных процессов в настоящее время направляется и эндогенными через их постоянную динамику и рельеф. При изучении СЭПР медленными тектоническими движениями можно пренебречь. Экзогенные процессы развиваются по отношению к ним в известной мере автономно. Существенное воздействие на развитие СЭПР оказывают сейсмические явления, которые приводят к перемещению огромных масс горных пород за короткий промежуток времени. Биота обуславливает развитие биологических экзогенных процессов и выступает в роли перераспределителя тепла и влаги, способствуя развитию новых и исчезновению прежних СЭПР.

Абсолютный возраст коррелятных отложений и их мощности — основа для оценки интенсивности процессов ближайшего прошлого и настоящего и, следовательно, последующего прогноза. Прогноз процессов требует обязательных стационарных исследований, прежде всего, для установления связей экзогенных процессов с гидроклиматической ритмичностью. Анализ коррелятных отложений позволяет установить постоянство ведущего процесса и его зависимость от гидроклиматического ритма определенного масштаба. Значительно сложнее анализировать коррелятные отложения быстрых СЭПР, которые могут прерываться на значительное время и зависят от других, часто не предсказуемых, причин. Следовательно, прогноз развития современных экзогенных процессов рельефоформирования возможен при одновременном исследовании на стационарах и коррелятных отложений, накапливающихся в результате этого процесса, а также соответствующих форм рельефа.

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ В СТРУКТУРЕ РЫХЛЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Пробелы и разночтения информации в субаэральных отложениях

Коррелятные отложения изучаются давно и интенсивно геологами, геоморфологами и специалистами других областей. Собирается и продолжает набираться все новый фактический материал. Однако нет уверенности, что получаемые данные позволяют правильно расшифровать геоморфологическую, литодинамическую и географическую обстановку прошлого, так как многие ключевые корреляционные вопросы остаются неразработанными. Один такой вопрос — в какой

мере воссоздаваемая по коррелятным отложениям картина соответствует реально существовавшим условиям? Другими словами, какая информация о рельефе и геодинамических процессах запечатлевается в коррелятных отложениях?

Часть процессов, таких как стебельковая десерпция, снос под действием дождевых капель, града, корневой перенос, не в состоянии оставить яркие индивидуальные следы и по отложениям не выявляются. Эрозионные, селевые и глыбово-лавиновые потоки на путях своего следования уничтожают следы всех одновременных с ними или прежних процессов, в том числе и таких мощных, как оплывины, оползни почвенного слоя, солифлюкционные и другие многочисленные криогенные образования. Следы солифлюкции и всех других криогенных процессов в отложениях могут быть до неузнаваемости преобразованы при деградации мерзлоты, сезонном пучении грунтов, подповерхностным смывом, курумообразованием, трещинами усыхания. И наоборот, делювиальные отложения, сформированные в засушливых степных условиях, после задерновывания и облесения местности могут быть в корне переработаны мерзлотными явлениями, десерпцией, корневым сносом. И так почти везде в отложениях, наряду с фиксированием, идет изменение и уничтожение информационных признаков, поэтому практически трудно определить первоначальную обстановку переноса обломочного материала и формирования аккумулятивных толщ.

Крайние ситуации, когда информация от каждого склонового процесса в отложениях полностью запечатлевается или совсем стирается, маловероятны. В природных условиях остается частичная информация о процессах. Картины прошлого, нарисованные в точном соответствии с коррелятными отложениями, могут оказаться далекими от действительности и даже ложными, если значительная часть информации о склоновых процессах не запечатлелась или не расшифровывается. Вероятность ложных реконструкций увеличивается в связи с тем, что отложения некоторых процессов чрезвычайно трудно, а подчас невозможно отличить от наносов других агентов транспортировки продуктов выветривания. Очень часто, например, путают селевые и ледниковые отложения. Основные признаки ледникового генезиса отложений — наличие крупных валунов вдали от гор, штриховка на их поверхностях, несортированность материала и т.п. — свойственны и продуктам селевого выноса. В Восточной Сибири острая полемика по вопросу о ледниковом или неледниковом генезисе некоторых отложений и форм рельефа, начавшаяся между В.А. Обручевым /1916/ и А.К. Мейстером /1918/, продолжается новыми поколениями исследователей. Так, в Байкальской впадине П.П. Пилипенко /1934/, а за ним и другие ученые выделили ледниковые отложения в районе хр. Хамар-Дабан. Е.В. Павловский /1948/ эти же отложения отнес к пролювиальным. Позднее на Хамар-Дабанском побережье Байкала вновь выделялись моренные отложения /Ламакин, 1958; Пальшин, 1955; Галкин, 1961; Замоуев, 1967; и др./ Л.Н. Ивановский /1980/ на обширном фактическом материале показал, что эти отложения не моренные, а се-

левые. Даже если имели место оба явления, то ледниковые отложения к настоящему времени могли быть сильно размывы одновременно протекавшими гляциальными и последующими селями и паводками. Неоспоримо доказать их ледниковый генезис по строению и характеру залегания рыхлых толщ затруднительно. Признаки же селевой деятельности налицо.

Примеры трудности и противоречивости определения генезиса коррелятных отложений многочисленны. Легко спутать выносы склоновых селей и сплывов, оползней и осовов, сейсмогравитационных глыбовых потоков и грязекаменных селей, струйчато-плоскостного и эолового процессов и отложений почти всех этих видов сноса с ледниковыми образованиями. Даже некоторые солифлюкционные отложения, обогащенные грубообломочным материалом, как отмечает Е.В. Шанцер /1966/, часто путают с ледниковыми моренами.

Ошибкам в определении генезиса коррелятных отложений способствуют некоторые денудационные формы. Так, в долине р. Витим в районе впадения притока Миндунна нами встречены типичные "бараньи лбы", выработанные в среднезернистых гранитах. Они, а также валуны на берегах реки обильно испещрены бороздами шириной от 0,2 до 3-4 мм, глубиной до 1-2 мм, напоминающими ледниковую штриховку, хотя оледенения в этой долине не было. Местами встречаются похожие на булыжную мостовую естественные валунные отмытки. Поверхность их также испещрена бороздами, ориентированными вдоль течения реки. Происхождение этих форм явно связано с современной деятельностью реки. Непосредственными орудиями обработки скал и валунов служат, вероятно, впаиваемые в льдины обломки горных пород и грубообломочный материал, влекомый бурными паводками. Обработка эта настолько интенсивна, что все валуны в отмытках сверху срезаны почти наполовину.

Приведенные примеры, а также некоторые литературные сведения о подобных формах /Пармузин, 1973/ свидетельствуют о необходимости специальных исследований по определению неоспоримых специфических признаков деятельности геологических процессов. Вопрос этот интересен во многих отношениях и является одним из ключевых в расшифровке природных условий прошлого по коррелятным отложениям.

Своеобразие литодинамики и явление прерывистой аккумуляции в подводных условиях

Не меньшая путаница наблюдается при расшифровке коррелятных отложений и на подводных склонах и в днищах впадин. Там, в совершенно иной и слабо познанной литодинамической обстановке, формируются иногда необычные загадочные напластования. В Байкале, например, под тонким слоем илистых наносов мощностью от нескольких сантиметров до 5-6 м вскрыты глинистые и песчаные толщи с примесью гравия и гальки /Голдырев и др., 1975, 1979/.

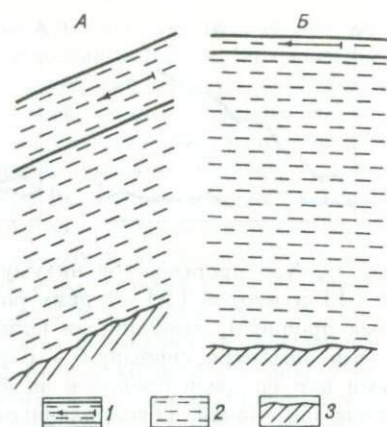
Расшифровка их известными методами привела исследователей к весьма интересным выводам. Маломощные поверхностные илстые осадки были определены как байкальские, а подстилающие их песчаные и глинистые толщи — как добайкальские, возникшие в небольших озерах, болотах и речных долинах. На основании этого возраст Байкала как глубоководного водоема был уменьшен с 20–30 млн. лет до сотен и даже десятков тысяч лет. Начался пересмотр биологических темпов эволюции видов байкальских организмов и характера тектонических движений во впадине. А.Ф. Грачев /1978/ сделал вывод, что озеро возникло недавно, в результате грандиозного катаклизма, не имеющего аналогов. По его мнению, нижняя часть разреза воды озера может быть по своей природе первичной (ювенильной).

Прежние представления о сравнительной древности Байкала также обосновывались многочисленными геологическими и биологическими материалами. Возникла необычная ситуация, когда одни факты истолковываются как свидетельство значительной древности, другие — молодости глубоководного озера.

Создавшееся противоречие во взглядах в значительной мере связано с неизученностью ключевых вопросов корреляции — закономерностей формирования и расшифровки береговых и донных отложений. Некоторые особенности подводного морфолитогеоза /Агафонов, 1981, 1982а/ позволяют по-иному интерпретировать важнейшие фактические материалы, приводимые в доказательство крайней молодости Байкала. Как уже отмечалось /Агафонов, 1979, 1982а/, только некоторые разновидности глинистых и песчаных толщ в донных отложениях озера образовались в его прибрежной области или на побережье, в неглубоких водоемах. Они опустились вместе с узкими блоками-пластинами земной коры или оползли под влиянием землетрясений. Во время сильных и тем более катастрофических землетрясений с подводных склонов оползают пачки илстых осадков до 20–30 м мощностью /Солоненко, Тресков, 1960/. При этом захватываются и нижние уплотненные горизонты. За длительное время существования Байкальской впадины сильных землетрясений было достаточно много, и практически почти все подводные склоны освобождались от слоя обводненных илов, а в наиболее сейсмоактивных районах такой процесс мог быть многократным. В дальнейшем склоны вновь покрывались жидкими илами. В такой ситуации вполне естественно ожидать под верхним обводненным слоем осадков плотный горизонт, резко отличающийся по своим физическим свойствам. По данным И.Б. Мизандронцева и М.К. Шимараевой /1973/, в Байкале объемный вес сухого глубоководного ила равен $0,57 \text{ г/см}^3$, а залегающих под ним плотных глин $1,25 \text{ г/см}^3$, соответственно естественная влажность составляет 60 и 31%, пористость — 79 и 55%, максимальная гидроскопическая влажность — 12,73 и 9,45%. Различаются эти слои и по содержанию органического вещества. В плотных глинах $S_{\text{орг}} = 0,25-0,89$, $N_{\text{орг}} < 0,1\%$, а в приповерхностных илах соответственно 1,5–3,5 и 0,13–0,27% /Голдырев и др., 1979/.

Рис. 5. Структурно-динамическая модель донных отложений в условиях длительного перерыва аккумуляции на склоне (А), на горизонтальном участке (Б).

1 - слой, постоянно обновляющийся, движущийся на склонах под воздействием сдвигающей составляющей силы тяжести, землетрясений, гидродинамики, а на горизонтальных участках - гидродинамических процессов; 2 - неподвижный горизонт; 3 - коренное основание.



Верхние жидкие слои оползневых толщ в процессе резкого смещения по склону взмучиваются. Оказавшись на днище озерной котловины, нагромождения оползших масс дополнительно размываются течениями. На поверхности или вблизи нее в таких местах также оказываются более плотные горизонты донных отложений.

Другие разновидности глин сформировались в глубоководном Байкале в связи с явлением прерывистой аккумуляции. Исходный для глин материал - ил. Он был уплотнен в своих нижних горизонтах под воздействием силы тяжести, давления вышележащего слоя и сейсмических толчков, способных вызвать "утряску" грунтов. По мере погружения центральных участков впадины и роста обрамляющих ее горных хребтов илстые толщи значительной частью оказались на бортах озерной котловины. Поверхностный обводненный слой илов стал сноситься в направлении углубляющихся центральных частей котловины под воздействием силы тяжести, сейсмовибраций и придонных течений. Постепенно установилось динамическое равновесие между приходом и расходом вещества. Нарастивание аккумулятивного слоя прекратилось. Толща илов разделилась на два слоя: поверхностный транзитный и подстилающий неподвижный (рис. 5). Нижний неподвижный горизонт, предохраняемый от разрушения транзитными наносами, до сих пор продолжает уплотняться в условиях наступившего длительного перерыва в осадконакоплении. Литологически внешне этот перерыв не выражен, и можно подумать, что аккумуляция не прекращалась, так как поверхность покрыта свежим илом и уклоны ее незначительны. Границы между неподвижным и постоянно обновляющимся транзитным горизонтами, однако, обозначаются резким изменением многих физических и других свойств отложений.

При наложении карты распространения так называемых "добайкальских" отложений [Голдырев, 1982] на батиметрическую основу видно, что глины занимают в основном окраинные наклонные зоны озерной котловины, возвышенности и примыкающие к ним участки дна. Если учесть, что поверхностный илистый слой осадков находит-

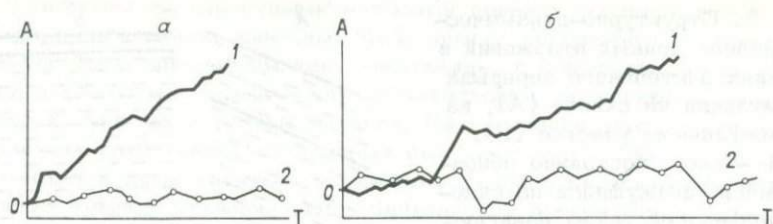


Рис. 6. Ход прерывистой аккумуляции (А) во времени (Т) на первой (1) и второй (2) стадиях развития. а — с небольшими колебаниями процесса, вызванными подвижками воды, средне- и низкобалльными землетрясениями; б — с резкими, выразительными активизациями или спадами процесса на фоне его сравнительно одноамплитудных изменений, обусловленными приносом или выносом вещества, оползнями, сплывами, грунтовыми лавинами. Принципиальная схема по аналогии с прерывистой денудацией /Агафонов, 1982б/.

ся в разжиженном состоянии и транзит его возможен при минимальных уклонах, то описанный механизм формирования четко выраженной границы между плотными глинами и покрывающими их илами даже в присклоновой слабо наклонной полосе не покажется удивительным. Тем более, что в периоды резких нарушений равновесия водной массы сильными землетрясениями и колебаниями уровня воды во время штормов, приливов даже на горизонтальных участках могут возникать массовые плащеобразные подвижки рыхлого слоя, направленные от склонов к центральным участкам котловины. Широкое распространение уплотненных глин под рыхлым поверхностным слоем на достаточно крутых континентальных склонах Черного моря /Шербаков и др., 1976/, очевидно, также связано с перерывом в аккумуляции.

Перерыв в аккумуляции на разных участках склонов глубоководной котловины наступает не одновременно, и мощность слоя, вовлеченного в движение, различна. Поэтому свойства глин водоема неодинаковы.

Заметное влияние на формирование свойств плотных глин могут оказать термальные воды, широко распространенные в глубинных придонных частях озера /Голубев, 1982/. В зонах разгрузки этих вод в поровых пространствах между частицами грунта следует ожидать осаждения солей, усиления процесса литификации, изменения окраски отложений (создания псевдоокисленных осадков).

В зависимости от способа образования граница перехода от рыхлого слоя к плотному горизонту может быть резкой или постепенной. В Байкале, например, смена рыхлых илов плотными глинами занимает интервал от 1-2 до 5-10 см /Голдырев, 1982/.

Прерывистая аккумуляция, аналогично подобному денудационному срезанию /Агафонов, 1982б/, проявляется в двух качественно различных стадиях-состояниях. В начальной стадии (рис. 6, а, линия 1)

происходят эпизодические удаления рыхлого материала импульсными подвижками воды или во время сейсмических толчков. Это вызывает приостановку наращивания рыхлого слоя, выраженную на графике интегральной аккумуляции в виде ступеней, спадов ломаной линии. В зависимости от силы эпизодически действующих факторов сноса спады на кривых графика будут иметь различную величину. В начале этой стадии они слабо заметны. По мере усиления факторов сноса и частоты их воздействия на грунты наступает вторая, качественно новая стадия прерывистой аккумуляции, когда общее наращивание рыхлого слоя прекращается из-за полной компенсации накопления удалением вещества (см. рис. 6, а, линия 2).

На обеих стадиях развития возможны совокупности процессов, выражаемые суммарной аккумуляцией несколько особого вида с выразительными скачками на фоне сравнительно одноамплитудных колебаний процесса (см. рис. 6, б). Скачки эти — следствие резких кратковременных активизаций накопления или сноса вещества лавинообразными и другими скоротечными явлениями.

На второй стадии прерывистой аккумуляции во время резких катастрофических активизаций сноса при интенсивном землетрясении, цунами движущийся слой может быть полностью удален, если он маломощен и находится в разжиженном состоянии. Затем следует постепенное его восстановление, а на нижнем плотном слое останутся следы размыва, которые могут быть приняты за резкую смену фациальной обстановки осадконакопления в водоеме.

Мощность транзитного слоя различна в зависимости от консолидации осадка, уклона и интенсивности поверхностного смыва. Даже жидкие илы на слабонаклонных поверхностях могут залегать довольно мощным слоем при обильной седиментации и слабом воздействии гидродинамических факторов; на крутых же склонах жидкие осадки расплывутся тонким слоем. Плотные илы на крутых поверхностях смешаются медленно, и движущийся слой сохранится мощным.

Перерыв в осадконакоплении создается и на горизонтальных участках днища озерной котловины. В процессе временного тектонического поднятия блока земной коры или опускания прилегающих к нему соседних площадей днища поверхностные илистые частицы смываются импульсными подвижками воды на фоне преобладающей седиментации. Постепенно создается равновесие в поступлении и выносе вещества (см. рис. 6, а и 5, б вторая стадия — линия 2), а при усилении подъема тектонического блока — даже размыв верхней толщи илов. Медленно поднимающийся блок не всегда выразится в рельефе, и можно не заметить прекращения аккумуляции на нем, если не учитывать рассматриваемых нарушений нормального хода осадкообразования. На горизонтальном участке слой, вовлеченный в движение, на обеих стадиях прерывистой аккумуляции будет маломощным (см. рис. 5, б). Перерыв в аккумуляции возможен на любом удалении от бортов впадины, в том числе и в центральных, глубоководных участках днища, где имеются постоянные или временные импульсные подвижки водной массы.

На формирование движущегося слоя значительное влияние оказывает давление воды. На большой глубине давление водной толщи препятствует быстрой консолидации осадков /Конюхов, Соколов, 1975/. Они дольше, чем в эпиконтинентальных водоемах, находятся во взвешенно-разжиженном состоянии. Мощность разжиженного слоя соответственно должна увеличиваться вниз по склону.

В природе такое закономерное увеличение мощности слоя нарушается наложением многих других процессов. Резкие подвижки водной массы во время цунами, приливов и отливов, ураганов могут вовлечь в движение разжиженный слой сразу по всему склону. Вследствие этого движущийся слой окажется маломощным и в нижней части склона.

Движущийся слой будет мощнее вблизи бровки склона, если на нее поступает больше частиц, чем на нижерасположенную площадь. На распределение мощностей движущегося слоя влияют также течения и локальные импульсные потоки воды. Они размывают рыхлые наносы и переотлагают их на другие участки.

По этим причинам увеличение мощности движущегося слоя вниз по склону глубоководной котловины под влиянием давления воды следует рассматривать как тенденцию, которая реализуется при особо благоприятных условиях – на прямых склонах, при одинаковом поступлении частиц на их площадь и равномерном площадном воздействии гидродинамических факторов.

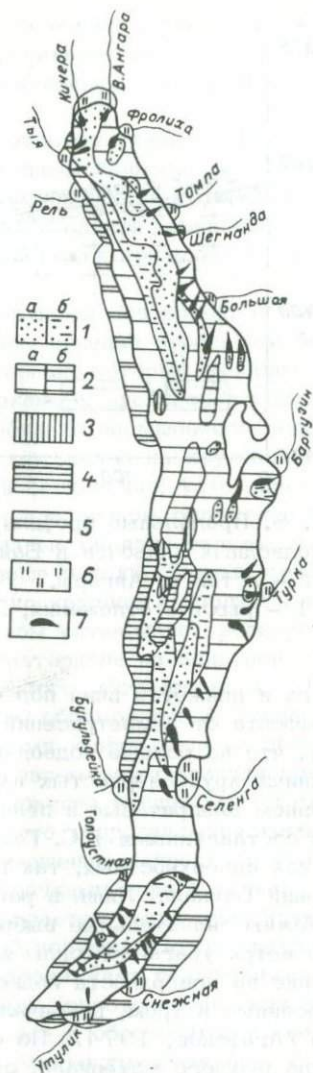
Знание всех указанных закономерностей совершенно необходимо для правильной расчлененки разрезов донных отложений. Определение стадий прерывистой аккумуляции и связанных с ними особенностей осадконакопления – обязательная, первоочередная задача при воссоздании современных и палеогеодинамических условий по разрезам коррелятных отложений. Выявление этих стадий осадкообразования в водоемах необходимо также для оценки самоочистительного потенциала поверхностей от загрязняющих антропогенных примесей, раскрытия закономерностей окислительно-восстановительных, диагенетических процессов, правильного объяснения пространственного распределения бентосных организмов и микрофауны, содержания в грунтовых растворах продуктов распада органического вещества. Опыта таких исследований, к сожалению, не имеется. Но именно они могут дать многое при анализе донных отложений, особенно крупных глубоководных водоемов со сложной морфологией котловин.

Подводные сели и расслоение глубоководных отложений

С позиции корреляции рельефа и осадочных образований в глубоководных водоемах не меньший интерес, чем плотные глины, вызывают песчаные наносы, обнаруживаемые на значительном удалении от берега. В Байкале, например, песчаные массивы и толщи песков, переслаивающихся с глинами, найдены в центральных частях всех трех глубоководных котловин озера. Ориентированы они

Рис. 7. Схема распространения наиболее интенсивных селей, крупных паводковых рек, подводных каньонов, делювиально-ветрового сноса и генетически связанных с ними ареалов песков и переслаивающихся песков и глин на дне Байкала.

1-3 - донные отложения под верхним илистым слоем, вскрытые грунтовыми трубками /по Голдыреву, 1982/: 1 - пески (а), переслаивающиеся пески и глины (б), 2 - глины с примесью обломочного материала (а) и в переслаивании с диатомитами (б), 3 - выходы коры выветривания; 4-6 - участки побережья с наиболее интенсивным делювиально-ветровым (4), селевым (5) и паводковым (6) сносом в озеро /Агафонов, 1974, 1975/; 7 - подводные каньоны (по макету подводного рельефа В.И. Галкина, музей Лимнологического института СО АН СССР).



в полном соответствии с современной морфологией котловины /Голдырев, 1982/. Более того, их пространственное положение вполне согласуется с районами распространения подводных каньонов, наиболее селеактивных побережий и крупных паводковых рек, интенсивного ветрового и делювиального сноса супесчаного материала непосредственно в Байкал (рис. 7). Каньоны, как известно, являются основными каналами, по которым осуществляется снос жидкого и твердого вещества с мелководий в глубоководные участки. Переносу рыхлого материала преимущественно по каньонам благоприятствует то обстоятельство, что под водой, в отличие от суши, более четко выражен линейный снос в виде потоков вещества /Агафонов, 1981/. Эта особенность определяется двумя основными причинами. Во-первых, продуктов разрушения на коренных склонах озерной котловины образуется меньше, чем на суше. Во-вторых, основная масса поступающего с побережья обломочного материала вовлекается во вдольбереговое движение. Около далеко выдвинутых мысов, или над врезанными в шельф ложбинами, или около каньонов поток наносов часто резко, под прямым углом отворачивает от

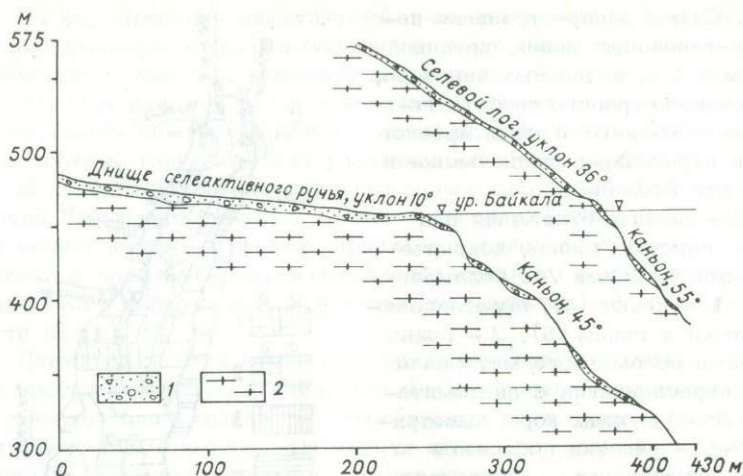


Рис. 8. Продольные профили селеактивных логов и продолжающих их подводных каньонов в Байкальской впадине на участке пос. Маритуй — исток р. Ангары.

1 — рыхлые отложения; 2 — скальные породы.

берега и движется вниз под уклон под влиянием силы тяжести, виброэффекта от землетрясений и разрывных течений. Это приводит к тому, что на ровные подводные склоны и прилегающие к ним участки днища крупнозернистых наносов поступает мало и отлагаются в основном алевритовые и пелитовые частицы, что вполне согласуется с составленными Г.С. Голдыревым /1982/ картами распределения как поверхностных, так и более глубоких горизонтов донных отложений Байкала. Лишь в районах интенсивного ветрового сноса возможны значительные выбросы крупнозернистого материала порывами ветра ураганной силы и сравнительно равномерное его распределение по поверхности подводного склона. Частицы песка и гравия, вынесенные ветром, встречались на льду Байкала в 1,5 км от берега /Агафонов, 1974/. По стационарным измерениям общее количество рыхлого материала, сносимого в озеро делювиально-ветровыми процессами в районе о. Ольхон и Приольхонья, достигает в отдельные годы более 1500 т/год.

Основная же часть крупнозернистого материала сносится на большие глубины в условиях Байкала по каньонам в виде селевых потоков или лавин и расплывается в центральных, наиболее погружающихся участках котловины. Некоторые селевые потоки, как показали наши наблюдения в 1971 г., сходят с крутых надводных тальвегов, легко пересекают узкий, местами совершенно не выраженный шельф (рис. 8). Они могут поступать на днище озерной котловины по крутопадающим каньонам и формировать там крупнозернистые отложения /Агафонов, 1975/. Днища каньонов намного

круче, чем тальвеги надводных селевых долин (см. рис. 8). Это благоприятствует беспрепятственному проникновению грязекаменных потоков на большие глубины и даже увеличению скорости их движения в подводных условиях.

Вынос крупнозернистых осадков на большие глубины интенсивнее осуществляется не по крупным подводным каньонам с широкими днищами, а по небольшим V-образным долинам, в которых быстрее накапливается материал предельной для сдвига мощности и не распыляются попадающие в них с побережья грязекаменные потоки.

Другие грязекаменные потоки формируются под водой. В многочисленных подводных каньонах с крутыми, нередко отвесными бортами быстро накапливается рыхлый материал, который заносится из речных долин частыми селями, паводками и вдольбереговыми потоками. Быстрое накопление рыхлого, обильно насыщенного водой и растительными остатками обломочного материала на крутопадающих днищах каньонов не может продолжаться бесконечно; устойчивость масс уменьшается, и при землетрясении или резком отложении большой порции вещества возникают грандиозные оползни-спльвы, затем трансформирующиеся в селевые и мутьевые потоки. Такими потоками могут выноситься самые различные по крупности продукты выветривания, подстилающая основа при этом интенсивно эродируется. Наиболее мощные выносы обломочного материала из каньонов обусловлены стечением благоприятных для этого обстоятельств: 1) сосредоточением в каньоне огромных масс обломочного материала; 2) интенсивным землетрясением с частыми импульсами на общем фоне вибрационного воздействия; 3) одновременным возникновением в каньоне из-за резкого нарушения равновесия водной массы стремительного водного потока — своеобразного гидродинамического удара, способствующего интенсивному перемещению наносов по уклону. Возбуждаемая резкими сейсмическими толчками вода в каньоне подталкивает вверх движущиеся наносы. Создается резко пульсирующая среда, выполняющая роль упругой водной подушки. После прекращения сейсмических толчков виброэффект продолжает генерироваться в самом потоке. В результате этого сила сопротивления движению селевого потока уменьшается во много раз и обеспечивается высокая скорость и значительная дальность распространения его. Достаточно нескольких минут сейсмовибрационного воздействия, чтобы грунтовые потоки распространились на большие расстояния, так как они могут возникать сразу по всей длине каньонов и иметь большие скорости.

Подводные селевые потоки с разгону врезаются в днища, в илстые грунты и прокладывают в них русла. Последующие подобные потоки по готовым руслам проходят большие расстояния и удлиняют их, постепенно прокладывая путь к центральным участкам озерной котловины. При этом русла прорезают не только рыхлые, обводненные осадки, но и нижележащие плотные илы, глины или песчаные наносы. Сразу после прохождения потоков русла могут заполняться жидким илом или заноситься взмутившимися илстыми частицами,

но последующие потоки легко расчищают русла. Такие русла предохраняют грунтовые потоки от расплывания и способствуют выносу грубозернистого материала на значительные расстояния от склонов глубоководной котловины.

О подобном генезисе (перенос селевыми потоками) песчаных отложений в Байкале свидетельствует ряд их структурно-текстурных признаков, описанных Г.С. Голдыревым /1982/. В песчаных слоях отдельных разрезов значительно содержание гравия и гальки. Не наблюдается отчетливой закономерности в размещении песчаного материала различных размерностей; большее количество грубого материала находится в центральных частях Байкала. В пределах подводных песчаных массивов механическая обработка зерен невелика, отмечается косая слоистость песков и "... тесная связь отдельных питающих участков питающей провинции с определенными частями песчаной толщи, о чем можно судить по наличию в ней определенных компонентов" /Голдырев, 1982, с. 138/. Все эти признаки отложений могут считаться следствием "залповых" лавинообразных выносов песчаного материала селевыми потоками.

Мощные селеобразные грунтовые потоки возможны во всех сейсмоактивных районах океанов, морей и крупных глубоководных озер. Во время сильных землетрясений и вызванных ими цунами такими потоками могут быть охвачены значительные пространства дна и сразу может быть "промыто" множество каньонов на всю их длину. Загадочные разрывы подводных кабелей в районе Ньюфаундлендской банки в 1929 г. и в ряде других мест /Шепард, 1969/ связаны именно с такими явлениями.

Эти потоки и частые сейсмические толчки способствуют расслоению донных отложений на илистые и крупнозернистые песчаные горизонты. После взмучивания илов селевыми потоками сначала оседают тяжелые и крупные частицы. Жидкие илы колеблются под воздействием пульсирующих течений и сейсмовибраций. Частицы повышенного удельного веса и крупные обломки горных пород мигрируют вниз сквозь илисто-водный каркас, как через своеобразное сито. В периоды резких нарушений равновесия водной массы во время сильных землетрясений и колебаний уровня воды от штормов и приливов, когда возникают массовые плащеобразные подвижки рыхлого обводненного слоя, процесс просеивания крупных частиц резко усиливается. После накопления достаточно мощной толщи ила нижняя часть его уплотняется. Селевые потоки взмучивают более рыхлую верхнюю часть осадка и расплываются по нижней. Формируется своеобразный "слоеный пирог" с разными по мощности пластинами и линзами отложений с различным механическим составом.

Стратиграфическое расчленение таких коррелятивных отложений традиционными диатомовыми и спорово-пыльцевыми методами осложняется тем, что после взмучивания более древние илы смешиваются с поступившими свежими тонкозернистыми наносами и перекрывают крупнозернистые молодые, только что отложенные селями. При катастрофических потоках возможны значительные локальные размывы и переотложение весьма древних и плотных осадков. В донных

отложениях нередко создается хаотичная картина распределения разновозрастных диатомовых, палинологических и палеонтологических остатков. Вследствие этого легко прийти к неверным выводам о времени образования слоев. Желательно корректировать установленные по коррелятным отложениям традиционными биостратиграфическими методами представления о палеодинамических и палеогеографических обстановках в подводных сейсмоактивных районах с крутыми склонами и подводными каньонами, интенсивной гидродинамикой, огромным давлением многосотметровой толщи воды, обуславливающих формирование мощных грунтовых потоков и других грандиозных геологических процессов, нарушающих прямую стратификацию осадочных толщ. В разрезах коррелятных отложений таких районов, в отличие от мелководных водоемов, по-видимому, отражаются не столько гидроклиматические циклы, сколько сезонные и хаотичные катастрофические явления типа цунами, бурных селевых и паводковых выносов обломочного материала. При изучении подводных коррелятных отложений следует также иметь в виду, что на небольшой площади может происходить сразу и принос, и транзит, и вынос вещества.

Латеральная изменчивость информации

Коснемся еще одного слабо разработанного методического вопроса — о неравномерном пространственном распределении информации в коррелятных отложениях и оптимизации способов ее получения. Обвалы, склоновые сели, осыпи обычно оставляют следы своего проявления на склонах и у их подножий. Паводки и крупные сели могут почти не оставить о себе следов на склонах и у их подножий и осуществляют транзит обломочного материала на десятки километров по тальвегам долин. Попадая в крупные водоемы или водотоки, этот материал интенсивно перерабатывается и переносится вдольбереговыми потоками и аккумулируется далеко в стороне от места выноса с гор.

Если анализировать отложения только на склонах и у их подножий, то можно не зафиксировать эти крупные события. Чем мощнее сели; тем дальше они выносят продукты выветривания. Во время бурных июльских ливней 1971 г. во многих районах Прибайкалья образовались мощные сели. В районе пос. Глинка на п-ове Святой Нос грязекаменный поток зародился в гольцах, пронесся вначале 4 км по долине в горном хребте, затем около 1,4 км по ложбине в слабо наклонном подгорном шлейфе, не оставив вещественных следов своего прохождения. Остановился он лишь после выхода из ложбины в 450–500 м от берега Байкала и распластался среди деревьев, отложив вначале глыбовый, затем щебнисто-супесчаный материал общим объемом около 17 000 м³. Сейчас эти отложения — основная информация о прошедшем потоке. Выше участка аккумуляции следов селя со временем практически не останется. Незначительные углубления русла в некоторых местах могут рассматри-

ваться как водно-эрозионные врезы. В том же году подобное наблюдалось вдоль южного побережья Байкала. При выходе на предгорный шлейф некоторые сели распластались по днищам долин и ложбин, не оставив отложений в предгорной полосе шириной до 700 м. О том, что здесь проходил бурный селевой поток, можно было предполагать лишь по поваленным стволам деревьев до 50 см в диаметре, содранной до высоты 2 м от земли коре на более толстых уцелевших стволах и очень редким задержавшимся одиночным глыбам около 2 м в поперечнике. Разгрузка обломочного материала произошла в отдалении от гор, у естественных и искусственных преград. Там, где преград не было, сели вынесли материал в озеро, отложив мощные конусы выноса. Затем эти конусы были переработаны волнениями, течениями, и материал как разнесен вдоль берега, так и перемещен на большие глубины. Информация о селях в таких случаях осталась лишь в виде эрозионных врезов и локальных размывов берегов рек. В последующих напластованиях отложений следов селей не заметишь и не найдешь связи с селевой деятельностью.

Почти совсем не осталось следов бурных селевых потоков 1971 г. на северо-западном побережье Южного Байкала от пос. Култук до порта Байкал и в районе пос. Листвянка и Большие Коты. Сели вышли по всем долинам. В озеро выдвинулись мощные конусы выноса. Селевых отложений в долинах практически не осталось, и о прошедших по ним потоках можно судить только на основании дендрохронологических данных.

Информация о процессах в коррелятных отложениях склонов также распределяется крайне неравномерно. По ложбинам на склонах гор обычно возникают сели, снежные лавины, происходит эрозия временными водотоками, а на промежуточных ровных и выпуклых участках эти процессы крайне редки или не проявляются совсем. По редким обнажениям коррелятных отложений можно воссоздать совершенно различные условия, на самом деле отражающие неравномерное распределение следов единого процесса. Для полноты информации о палеогеоморфологической обстановке необходимо изучать коррелятные отложения не в случайных точках, а в определенной последовательности по разрезу, вдоль по уклону или по серии поперечных профилей. Самой информативной является сетка пересекающихся под прямым углом поперечных и продольных разрезов. Продольные разрезы должны прокладываться по разноинформативным типичным элементам склона: понижениям, ложбинам и промежуточным участкам. Расстояние между разрезами будет неравномерным. То же относится к выбору поперечных профилей, но число их желательно увеличивать вниз по склону в соответствии с увеличением информации о процессах в том же направлении. У подножия склона, где коррелятные отложения содержат наибольшую информацию, число поперечных разрезов увеличивается. Угущение разрезов желательно в понижениях, западинах, на пути движения потоков вещества.

Неравномерность распределения информации в коррелятных отложениях в разных природных условиях выражена не одинаково. В

горах Южной Сибири, например, наиболее четко она проявляется в темнохвойной тайге с плотным травянистым покровом и слабее под светлохвойным лесом с разреженным травостоем или в степи. На степных склонах с разреженным травяным и дерновым покровом она выражена особенно слабо. Здесь распространены процессы смыва, вибрационно-гравитационного и ветрового сноса. Неравномерность распределения информации зависит и от крутизны склонов. Под темнохвойным лесом проявление основной части процессов, обуславливающих неравномерность, вначале усиливается от сильно крутых до склонов с крутизной до 40° , затем снижается на склонах с крутизной от 40 до 0° . Для проявления каждого в отдельности процесса эти пределы будут разными.

Фактический материал по коррелятным отложениям порой используется слабо из-за недостаточно изученных ключевых признаков для достоверной реконструкции палеогеоморфологических, палеогеодинамических и палеогеографических обстановок, заключенных в веществе и структуре рыхлых толщ. Не случайно генетические, а особенно возрастные оценки одних и тех же осадочных толщ неоднократно пересматриваются и резко изменяются (обычно с приходом новых исследователей, с введением новых методических приемов). Нередко древние отложения чрезмерно омолаживаются и наоборот. Например, прибрежные отложения крупных озер плато Путорана, считавшиеся ранее по биостратиграфическим датировкам плиоценовыми, недавно были определены как позднеплейстоценовые /Ендрихинский, 1975/. На порядок омоложены отложения так называемого Белого Яра в Тункинской впадине /Адаменко и др., 1975/. Выявлению этих ключевых признаков — по существу исходному звену в разработке проблемы корреляции рельефа и отложений — не уделяется особого внимания, что, вероятно, связано со сложностью организации таких исследований. Для восполнения этого очевидного пробела необходимы специальные стационарные наблюдения за современными экзогенными процессами в разных природных условиях. Наблюдения должны проводиться не столько в областях сноса, сколько на сопряженных с ними участках транзита и особенно аккумуляции, т.е. за формированием и изменением рыхлой оболочки. Для каждого процесса в отдельности нужно искать ясные диагностические признаки, отраженные в рыхлых отложениях.

Ряд особенностей формирования рыхлых толщ и "захоронения" в них коррелятивной информации можно проследить на лабораторных моделях. Особенно ценно воспроизвести обстановку подводной литодинамики и осадконакопления. Вполне реально, например, смоделировать подводный и надводный рельеф Байкальской впадины с грунтовыми потоками, начинающимися на надводных склонах и проникающими по каньонам на ее днище, прикрытое чехлом илстых отложений. Важно проследить на такой модели влияние различных сотрясений на геологические процессы и формирование донных отложений. Обычно считается, что закономерности напластования отложений отражают гидроклиматические ритмы и тектонические подвижки земной коры. Однако в сейсмоактивных районах катастрофи-

ческие явления сноса продуктов выветривания с подводных склонов, вызываемые частыми сильными землетрясениями и цунами, по-видимому, способны изменять эту закономерность, накладывая свои, "сейсмогенные" напластования на гидроклиматические ритмы и даже превалировать над ними.

В целях выявления закономерностей формирования рыхлой обломки, а также определения объема информации о палеогеоморфогенезе в геологических телах большой интерес представляет изучение природных объектов, прежний облик и время образования которых достоверно известны, как и процессы, их преобразующие с момента зарождения. В этом отношении заслуживают внимания возникшие на глазах людей провалы, трещины в земной коре, искусственные водоемы, отложения катастрофических геологических процессов — селей, сейсмогравитационных лавин, пыльных бурь.

ИЗУЧЕНИЕ МОРФОЛОГИИ ОБЛОМКОВ

ДЛЯ ПАЛЕОГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ

Исходные понятия и методика исследований

Под морфологией обломков (частиц) понимается степень обрабатанности их поверхности, а также соотношения между основными осями. Эти показатели обычно выражаются в виде коэффициентов удлинения, уплощения и сферичности. Использованию морфологии частиц при изучении коррелятивных отложений для ретроспективного анализа условий седиментогенеза терригенных осадков посвящены многие публикации. Противоречивые толкования эволюции формы частиц в подвижных средах, а также неоднозначность в оценке степени окатанности обломков привели к различным подходам в использовании данных признаков с целью решения вышеупомянутой задачи.

Нами отбирался материал из аллювиальных и пляжевых отложений, который вначале расситовывался, затем из каждой фракции извлекалось от 100 до 200 обломков. Частицы каждой фракции распределялись по петрографическому составу и окатанности. С учетом этих признаков производилось измерение трех параметров — длины (a), ширины (b), толщины (c) и определялся индекс максимальной сферичности ($C^2 a^{-1} b^{-2}$) $1/3$, предложенный Е. Снидом и Р. Фольком / Sneed, Folk, 1958/. Фракция менее 2 мм анализировалась с помощью бинокулярной лупы. В начале исследований коэффициент окатанности оценивался аналитически и визуально. После установления тесной корреляционной связи между полученными разными путями коэффициентами окатанности определение данного признака производилось визуально по пятибалльной шкале /Хабаков, 1946/.

С использованием изложенных методических приемов получены оригинальные материалы, позволившие расширить сведения об эволюции частиц в подвижных средах. В этой связи, прежде чем перейти к вопросу об использовании морфологии частиц для изучения коррелятивных отложений и палеогеоморфологических реконструкций, целесообразно остановиться на некоторых закономерностях эволюции формы обломков в процессе их изнашиваемости.

Эволюция морфологии частиц в подвижных средах

Основательный анализ эволюции морфологии частиц в подвижных средах невозможен без всестороннего учета размерности анализируемых обломков. Это обусловлено тем, что целый ряд признаков, отражающих морфологию частиц, существенно зависит от их размеров. С учетом размерности нами проанализированы изменения окатанности и сферичности частиц в терригенных осадках.

Окатанность. Крупные частицы, по данным экспериментов, окатываются быстрее малых /Kuener, 1956; Разумихин, 1965/. Это нашло подтверждение и в натуральных наблюдениях /Сигов, 1947; Разумихин, 1965/. В то же время известно немало примеров, когда мелкие частицы в однозначных условиях окатываются лучше, чем крупные /Cailleux, 1952; Tricart, 1960; Бутаков, 1966; Короткий, 1970/. Высказывались мнения о независимости окатанности обломков от ситовых размеров /Рухина, 1950; Valeton, 1955/. О.А. Борсук /1973/ пришел к выводу, что наиболее хорошо окатанной обычно бывает галька руслоформирующего размера, который, в свою очередь, зависит от особенностей выветривания и режима реки.

Выполненный фракционный анализ окатанности кластогенного материала показал, что средняя окатанность частиц возрастает лишь до определенного размера, после которого, как правило, наблюдается ее уменьшение (рис. 9).

Частицы, окатанность которых анализировалась (см. рис. 9), изучены из одновозрастного аллювиального горизонта среднегорной реки в 42 км от ее истоков. Все они поступают в аллювий из жильных минерализованных зон, широко распространенных в бассейне. Жильный кварц, пирит и золото, как известно, часто находятся в тесной ассоциации, поэтому для них правомерно предполагать единую область питания и равнозначные условия окатывания. Исходя из этого, можно сделать вывод, что размер максимально окатанных частиц определяется прежде всего их плотностью и практически не зависит от абразивной устойчивости: чем больше плотность, тем более мелкие частицы приобретают максимальную окатанность. В частности, для частиц золота, лимонита по пириту и кварца (плотность соответственно 16,0; 4,5; 2,5) максимальная окатанность приходится соответственно на фракции 1-2; 3-4; 10-20 мм. В то же время размер максимально окатанных частиц кварца и песчани-

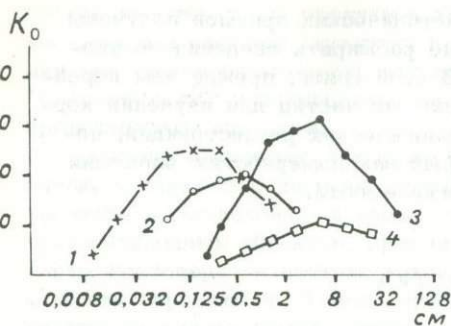


Рис. 9. Изменение окатанности частиц различного состава в зависимости от их размера.

1 - золото; 2 - лимонит; 3 - песчаник; 4 - кварц. K_0 - коэффициент окатанности.

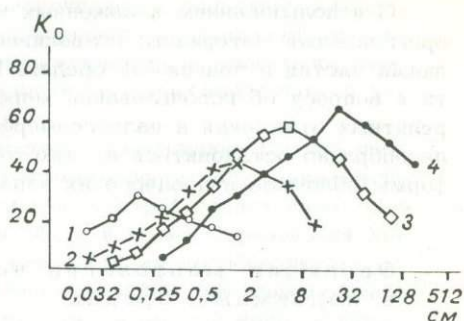


Рис. 10. Изменение окатанности частиц в аллювии рек. На равнинах (1), в низкогорьях (2), в среднегорьях (3) и в высокогорьях (4).

ка, имеющих различную абразивную устойчивость и примерно одинаковую плотность, приходится на одну и ту же фракцию (см. рис. 9).

Размер максимально окатанных частиц, как показал фракционный анализ окатанности кластогенного материала аллювия рек, кроме удельного веса, во многом зависит от скорости течения руслового потока (рис. 10).

По данным гидрологических ежегодников, скорость течения воды в реках равнин, низких и высоких гор в период крупных паводков, когда осуществляется транспортировка основной массы кластогенного материала, соответственно составляет: 1,4-1,6; 2,0-2,5; 2,6-3,9; 4,0-6,0 м/с. В такой же последовательности, но значительно более ускоренно увеличивается ситовой размер максимально окатанных обломков (от 0,1-0,5 см в равнинах до 30-40 см в высокогорных реках). Следовательно, чем больше энергия подвижной водной среды, тем более крупные частицы максимально окатываются. С возрастанием энергии потока (см. рис. 10) увеличивается абсолютное значение максимума окатанности.

Минимальный размер частиц, на поверхности которых фиксируются следы обработки, также закономерно возрастает с увеличением скорости течения воды в реках. Если в равнинных реках окатанность фиксируется на поверхности зерен размером 0,05 мм, то в высокогорных водотоках нередко случаи, когда следы обработки незаметны на поверхности зерен размером 3-5 мм. Видимо, в высокогорных реках мелкие частицы переносятся водным потоком преимущественно во взвешенном состоянии.

Аналогичная зависимость установлена в пляжевых образованиях (рис. 11). Примечательно, что размер максимально окатанных час-

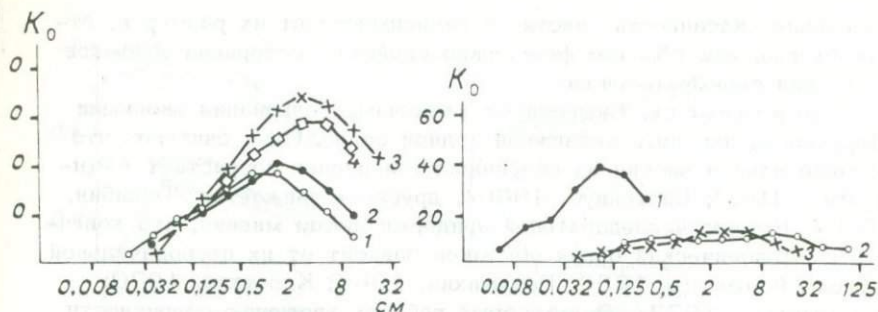


Рис. 11. Изменение окатанности частиц в пляжевых отложениях.

1 - оз. Кизи, 2 - бухта Де-Кастри, 3 - Сахалинский залив, 4 - оз. Байкал.

Рис. 12. Изменение окатанности частиц в отложениях различного генезиса.

1 - ледниковых; 2 - делювиально-солифлюкционных; 3 - эоловых.

тиц также зависит от энергии подвижной водной среды. В частности, на побережье Сахалинского залива энергия прилива несравненно сильнее, чем на побережье бухты Де-Кастри, где она существенно ослаблена островной грядой, отделяющей бухту от Татарского пролива. Размеры оз. Байкал на порядок выше, чем оз. Кизи (бассейн Амура), поэтому энергия прилива в первом значительно больше, чем во втором. Соответственно максимум окатанности в пляжевых отложениях Сахалинского залива и оз. Байкал приходится на частицы размером 2-4 см; тогда как в аналогичных осадках бухты Де-Кастри и оз. Кизи максимально окатанные частицы имеют размер 0,5-0,7 мм.

Для осадков склонового и гляциального рядов характерно отчетливое смещение максимума окатанности в сторону крупных фракций. Напротив, в эоловых образованиях лучше всего окатываются мелкие частицы (рис. 12).

В рассмотренных примерах анализировались полифракционные осадки с повышенной гранулометрической дисперсией. В пойменных фациях рек, а также в песчаных осадках, сформированных в большом удалении от областей питания, нередко имеет место дефицит частиц крупных фракций. В подобных образованиях фракционным анализом фиксируется лишь наращивание окатанности частиц по мере увеличения их ситовых размеров, поэтому максимальная окатанность приходится на самые крупные фракции.

Таким образом, по мере увеличения размера частиц степень их окатанности вначале возрастает, после достижения максимума, как правило, наблюдается спад этого признака. Вид кривых, отражающих

изменение окатанности частиц в зависимости от их размеров, отражает главным образом физические свойства материала обломков и условия седиментогенеза.

Сферичность. Существуют различные толкования эволюции сферичности частиц в подвижной водной среде. Одни считают, что по мере износа частиц их сферичность медленно возрастает /Pet-tijohn, 1960; Вистелиус, 1960/, другие — снижается /Билибин, 1956/. Немало исследователей придерживаются мнения, что конечный морфологический облик обломков зависит от их первоначальной формы /Kuener, 1956; Разумихин, 1965; Короткий, 1970; Dasgupta, 1977/. В некоторых работах эволюцию сферичности обломков связывают с характером динамической среды /Борсук, 1973/, а также с особенностями транспортировки кластогенного материала /Spalletti, 1976/.

Как показал анализ галечных фракций аллювия в долинах рек Байкало-Патомского нагорья, по мере усиления изношенности частиц их сферичность сначала возрастает, затем наращивание изношенности приводит к снижению данного признака (рис. 13).

По всей вероятности, на первой стадии обработки отбиваются (откальваются) острые грани и ломаются обломки удлиненной формы, что в совокупности приводит к увеличению сферичности. Дальнейший износ частиц направлен главным образом на стачивание уже сглаженных контуров. Процесс этот осуществляется медленно /Вистелиус, 1960/, но в конечном счете он приводит к снижению степени сферичности обломков.

Иная направленность эволюции сферичности установлена у частиц песчаной фракции. В частности, частицы кварца и полевого шпата с ростом изношенности не только на первой, но и в последующих стадиях износа увеличивают сферичность (рис. 14). Следовательно, форма таких частиц в процессе изнашивания приближается к шару.

Представляет интерес изменение сферичности неокатанных и хорошо окатанных частиц кварца в зависимости от их ситовых размеров (рис. 15).

Сферичность неокатанных обломков по вполне понятным причинам можно считать исходной, т.е. первичной, свойственной частицам, не подвергшимся водной обработке. Таким образом, для хорошо окатанного материала величина отклонения сферичности от исходной имеет два значения: положительное (для мягкого материала) — сферичность выше исходной и отрицательное (для крупного материала) — сферичность ниже исходной.

Размер обломков, при котором исходная сферичность в процессе длительной обработки остается неизменной, предлагается называть нейтральным.

Представляется естественным следующее объяснение результатов изложенных наблюдений. Крупные частицы (размер превышает нейтральный) занимают по отношению к потоку устойчивое положение, поэтому они, как правило, лежат на одной плоскости /Кухаренко, 1947/. Противоположная же сторона стачивается водой и быстрее передвигаются более мелкими частицами (пассивный

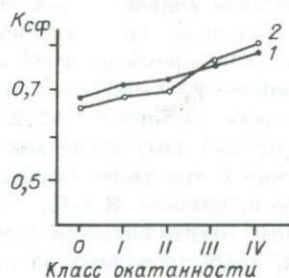
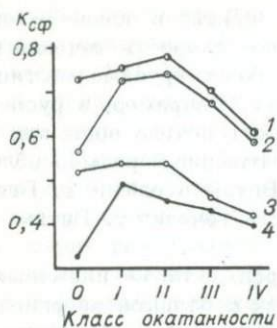
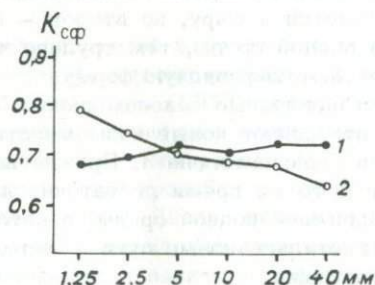


Рис. 13. Изменение сферичности обломков жильного кварца (1), эффузивов (2), песчаников (3), сланцев (4) в зависимости от их окатанности (галечная фракция).

Рис. 14. Изменение сферичности частиц кварца (1) и полевого шпата (2) в зависимости от их окатанности (песчаная фракция).

Рис. 15. Зависимость сферичности неокатанных (1) и хорошо окатанных (2) частиц кварца от их ситовых размеров в аллювиальных отложениях нижнего течения р. Амур.



износ). При перемещении положение плоских сторон меняется и тем самым создаются условия для преимущественного износа двух противоположных сторон, что в конечном счете приводит к увеличению уплощенности частиц /Тищенко, 1977/ и, следовательно, к уменьшению их сферичности.

Иные условия износа возникают при размере обломков менее нейтрального. Подобный материал перемещается в подвижной водной среде настолько быстро, что обработка его поверхности осуществляется не только путем воздействия других частиц, но и за счет собственного движения (активный износ). Такой же характер перемещения не способствует истиранию только двух противоположных сторон. Видимо, одинаковой обработке подвергаются все стороны, что при длительном переносе приводит к увеличению сферичности.

При нейтральном размере обломков пассивный и активный износ, по всей вероятности, уравновешены между собой, что способствует в процессе изнашиваемости сохранению отношений между главными осями.

Значение нейтрального размера частиц зависит в основном от энергии подвижной водной среды. Чем сильнее скорость течения воды в реке или больше энергия приобоя, тем более крупные частицы обрабатываются во время их транспортировки. Например, в русле р. Амур, в районе г. Хабаровска, где скорость потока воды при крупных паводках достигает 2–2,2 м/с, нейтральный размер обломков составляет 5–7 мм, тогда как для р. Витим в районе г. Бодайбо его значение в три раза больше. Скорость течения р. Витим в данном месте превышает 3 м/с.

В русловых отложениях высокогорных рек, а также пляжевых образованиях, сформированных на побережьях с большой энергией приобоя, нередко преобладает округлая галька повышенной сферичности. Надо полагать, что в подобных условиях даже материал галечной фракции обрабатывается преимущественно во время транспортировки, и лишь поверхность валунов стачивается главным образом путем воздействия более мелкого материала. Поэтому хорошо окатанные валуны, как правило, имеют дискообразную форму.

Итак, при длительном износе сферичность легкоподвижных частиц возрастает, в то время как сферичность частиц с ограниченной подвижностью, напротив, снижается. В первом случае форма частиц приближается к шару, во втором – к диску. Чем больше энергия потока водной среды, тем труднее частицы при длительном износе приобретают шаровидную форму.

Установленные закономерности обработки обломков в водной среде открывают новые возможности в ретроспективном анализе условий седиментогенеза. Прежде всего, получены сравнительно простые и в то же время достаточно надежные критерии оценки энергии подвижной водной среды, в которой происходило накопление осадков, наметились новые пути в методах определения скорости эрозии и аккумуляции.

Примеры анализа коррелятных отложений и палеогеоморфологических реконструкций

Значительная часть фракционных анализов окатанности и сферичности выполнена в пределах центральной части Байкало-Патомского нагорья, обладающей весьма сложным характером рыхлого покрова четвертичных отложений. Особенно полно изученной в данном отношении оказалась долина среднего течения р. Бодайбо, ставшая своеобразным полигоном по изучению коррелятных отложений и ретроспективному анализу условий седиментогенеза.

Река Бодайбо в среднем течении имеет следующие параметры: порядок – шестой, продольный уклон 4–5 м/пог. км, скорость течения в русле в период максимальных паводков 4,5 м/с, глубина вреза 350–400 м. Современный аллювий представлен галечно-валунными образованиями с песчаным заполнителем. Преобладают валуны мелкого и среднего размера. Рельеф в пределах бассейна

р. Бодайбо среднегорный со сглаженными водоразделами и средней крутизны склонами. Абсолютные отметки водоразделов колеблются в пределах 1100–1400 м.

В долине среднего течения р. Бодайбо достаточно полно представлен разрез практически всей четвертичной системы. Видимо, русло р. Бодайбо на протяжении длительного промежутка времени имело устойчивую тенденцию к подмыву правого борта, в результате чего у левого борта долины сформировалась и хорошо сохранилась серия разновозрастных террас с коррелятными осадками, генезис и возраст которых трактуется неоднозначно. Основные расхождения связаны с оценкой роли оледенения в формировании рыхлого покрова. Большинство исследователей считают, что в пределах Байкало–Патомского нагорья в течение четвертичного периода было четыре оледенения. Однако по данным Ю.П. Казакевич и М.В. Ревердатто /1972/, долина р. Бодайбо охватывалась лишь жуинским и самаровским оледенениями. Е.Я. Синюгина /1960/ считает, что, кроме упомянутых оледенений, на формирование осадков значительное влияние оказало оледенение, синхронное с зырянским. А.Г. Золотарев /1974/, разделяя мнение о больших масштабах самаровского и зырянского оледенений, предполагал наличие морен тазовского оледенения.

Заметные расхождения у исследователей в отношении оценки генезиса песчано–галечных образований, широко развитых в бортах долин. Е.Я. Синюгина /1960/, А.Г. Золотарев /1973/ и др. считают их флювиогляциальными образованиями зырянского оледенения, тогда как, по мнению Ю.П. Казакевич и М.В. Ревердатто /1972/, это аллювиальные осадки, сформированные при прогибании земной коры в казанцевское время (светловская свита). Дискуссионным является вопрос о так называемом жуинском оледенении дочетвертичного возраста. Его существование доказывается наличием в аллювиальных отложениях всех погребенных террас экзотических галек /Синюгина, 1960/. Однако в последние годы в долине р. Бодайбо обнаружены погребенные базальные аллювиальные горизонты, лишенные экзотических обломков, что поставило под сомнение существование древнего жуинского оледенения /Тищенко, 1982/.

Детальный анализ морфологии кластогенного материала в комплексе с другими признаками позволил расширить сведения о генезисе рыхлых толщ, выполняющих долину р. Бодайбо.

Обломочный материал бассейна р. Бодайбо подразделяется на местный и экзотический. Дело в том, что в этом бассейне отсутствуют, кроме небольшого количества лампрофировых даек, интрузивные и эффузивные образования, что, по вполне понятным причинам, позволяет надежно определять среди кластогенного материала чуждые для бассейна обломки пород. В качестве экзотических уверенно определяются разнообразные эффузивы, габброиды и т.д. Без особого труда экзотический материал подразделяется на ближний (биотитовые и роговообманковые граниты Конкудеро–Мамаканского и Мамско–Оронского комплексов) и дальний (эффузивы, габброиды, аляскитовые граниты и сиениты).

Анализ экзотики. Как известно, экзотический материал несет большую информацию о направлении движения ледников. Кроме того, как будет показано ниже, он позволяет в какой-то мере делать выводы о масштабах оледенений, продолжительности межледниковий и интерстадиалов.

Наиболее основательный анализ экзотики в пределах центральной части Байкало-Патомского нагорья и, в частности, в пределах бассейна р. Бодайбо выполнен С.С. Лапиным /1958/, который детально охарактеризовал петрографический состав, окатанность и пространственное распределение экзотического материала, содержащегося в рыхлых толщах. Все это в совокупности позволило наметить пути его сноса и высказать соображения о центрах оледенений и направлениях движения льда. Однако следует заметить, что С.С. Лапин не занимался детальным изучением распределения экзотики в различных возрастных комплексах, поэтому данный признак не использовался при анализе формирования рыхлых толщ и эволюции оледенений во времени.

Нами проанализированы изменения петрографического состава, окатанности и содержания экзотического материала по многим опорным разрезам центральной части Байкало-Патомского нагорья. Наиболее детально подобного рода информация подобрана для р. Бодайбо. В обобщенном виде она показана на поперечном разрезе долины (рис. 16), из анализа которого можно сделать следующие выводы.

1. В погребенной террасе 75-метрового уровня залегают базальные аллювиальные галечники, лишенные экзотического материала. Этот факт имеет принципиальное значение. Дело в том, что ранее предполагалось присутствие экзотического материала в аллювии даже самых высоких погребенных террас. На основании этого сделан вывод о наличии в районе так называемого жуинского дочетвертичного покровного оледенения, развивавшегося на пенеплене, до формирования расчлененного рельефа. Предполагалось, что экзотическая галька попадала в аллювий высоких террас из морены древнего оледенения. Присутствие на высоких погребенных террасах базального аллювия, лишенного экзотического материала, ставит под сомнение идею древнего покровного оледенения. Также нет оснований считать, что экзотическая галька попадала, как это полагает С.Г. Мирчинк /1960/, из древней речной сети.

2. В бассейне р. Бодайбо экзотические обломки впервые появляются в отложениях, перекрывающих базальные аллювиальные галечники погребенной террасы 75-метрового уровня. Эти отложения имеют признаки моренных образований: слабо сортированы, каменный материал плохо окатан, на многих обломках видна штриховка и полировка, цементирующая масса интенсивно карбонатная. Экзотический материал представлен совершенно неокатанными обломками роговообманковых и биотитовых гранитов мамско-оронского комплекса. Если учесть, что базальные аллювиальные горизонты разрезов террас, расположенных гипсометрически ниже описываемых образований, содержат экзотические гальки, то можно сделать вывод, что первое крупное оледенение началось непосредственно после

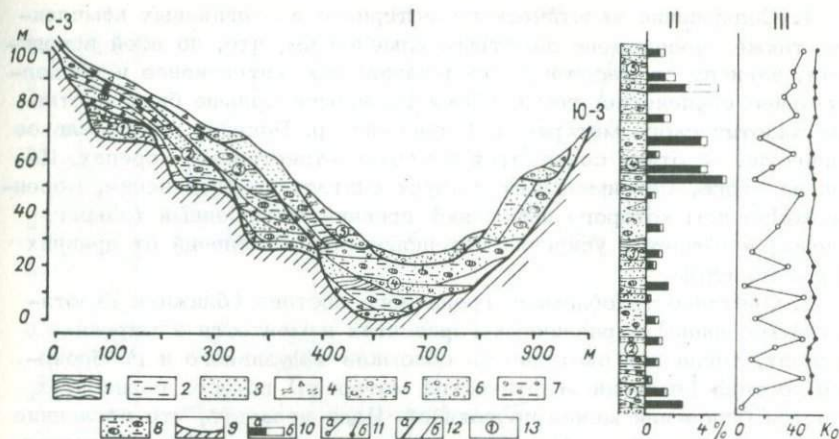


Рис. 16. Строение долины в среднем течении р. Бодайбо.

I – поперечный разрез; II – содержание экзотики в псефитовой фракции отложений; III – коэффициент окатанности экзотического материала.

1 – ленточные глины; 2 – ил; 3 – песок; 4 – суглинок и валуны с дресвой, щебнем, глыбами; 5 – песок с галькой и валунами; 6 – глинистый и 7 – илистый галечник; 8 – ил с песком и обломками; 9 – коренные породы; 10 – содержание экзотических обломков: гранитов (а), эффузивов и габброидов (б); 11 – изменения коэффициента окатанности обломков гранитов (а), эффузивов и габброидов (б); 12 – границы между комплексами (а) и слоями (б); 13 – номера комплексов.

формирования базальных галечников, залегающих на цоколе террасы 75-метрового уровня. Формирование данного базального горизонта было прервано оледенением.

3. Содержание экзотического материала в отложениях долины р. Бодайбо колеблется в широких пределах. Меньше всего его в аллювии, залегающем на коренных породах, тогда как ледниковые и водно-ледниковые образования, как правило, заметно насыщены экзотикой. Видимо, в период оледенений происходила загрузка долины р. Бодайбо "чужим" материалом, а в межледниковья осуществлялась разгрузка. В межледниковья принесенный во время оледенений экзотический материал постепенно выносился за пределы бассейна или разрушался в процессе переноса водным потоком. Чем продолжительнее были межледниковые периоды, тем меньше в аллювиальных галечниках содержится экзотики. Продолжительность формирования интерстадиальных аллювиальных галечников, вложенных в ледниковые комплексы, несравненно меньше продолжительности формирования межледниковых базальных аллювиальных образований, вследствие этого в последних обычно в несколько раз меньше экзотики, чем в первых.

4. Содержание экзотического материала в ледниковых комплексах также подвержено заметным изменениям, что, по всей вероятности, зависит от масштабов оледенения: чем интенсивнее и продолжительнее оледенение, тем в общей сложности больше было доставлено экзотического материала. В бассейне р. Бодайбо максимальное количество экзотики содержится в верхнечетвертичных моренах. Исходя из этого, максимальным следует считать то оледенение, моренные комплексы которого выполняют древний погребенный тальвег. В целом намечается усиление интенсивности оледенений от древних эпох к молодым.

5. Окатанность обломков гранитного состава (ближний экзотический материал) в различных горизонтах изменяется в широких пределах, тогда как окатанность обломков эффузивного и габброидного состава (дальний экзотический материал) во всех горизонтах остается более или менее постоянной. Надо полагать, что последние поступали в бассейн р. Бодайбо хорошо окатанными. Что же касается обломков гранитного состава, то в начальные этапы оледенения (прогрессивная фаза) они доставлялись в бассейн р. Бодайбо в неокатанном виде. Затем в регрессивную фазу оледенения гранитный материал приобретал хорошую окатанность.

6. В основании ледниковых комплексов почти отсутствуют обломки эффузивов и габброидов, тогда как в верхних частях их количество заметно возрастает. Видимо, экзотический материал начал поступать лишь в регрессивную фазу оледенения. Причем экзотические обломки ближнего переноса, судя по очень слабой их окатанности, доставлялись преимущественно льдом, тогда как дальние — водными потоками. Возможно, в прогрессивную фазу оледенения долина р. Витим в пределах Байкало-Патомского нагорья была полностью занята льдом, и Витим как река перестал существовать. В регрессивную фазу оледенения талые воды р. Витим устремлялись по краевой зоне ледника в систему р. Лены, рассеивая дальний экзотический материал на значительные расстояния от современного русла. Петрографический состав гальки и валунов из современных русловых отложений Витима полностью соответствует петрографическому составу дальней экзотики. Вполне возможно, что заполнение долины р. Витим льдом приводило к образованию выше по течению крупных подпрудных бассейнов.

Анализ морфологии и состава экзогенного материала показывает, что долина р. Бодайбо несколько раз перекрывалась ледниками. Первое крупное оледенение относится к раннему плейстоцену. Его отложения установлены на погребенной террасе 75-метрового уровня. Появление первого крупного оледенения, если исходить из возраста коррелятных с террасой 75-метрового уровня отложений, относится к началу плейстоцена. Последующие два оледенения охватывали территорию в среднем плейстоцене. Морены этих ледников приурочены к погребенным террасам 55- и 25-метровых уровней. В позднем плейстоцене, по всей вероятности, было два самостоятельных крупных оледенения, отложения которых перекрывают тальвеги, борта долин и седловины водоразделов. В каждой крупной

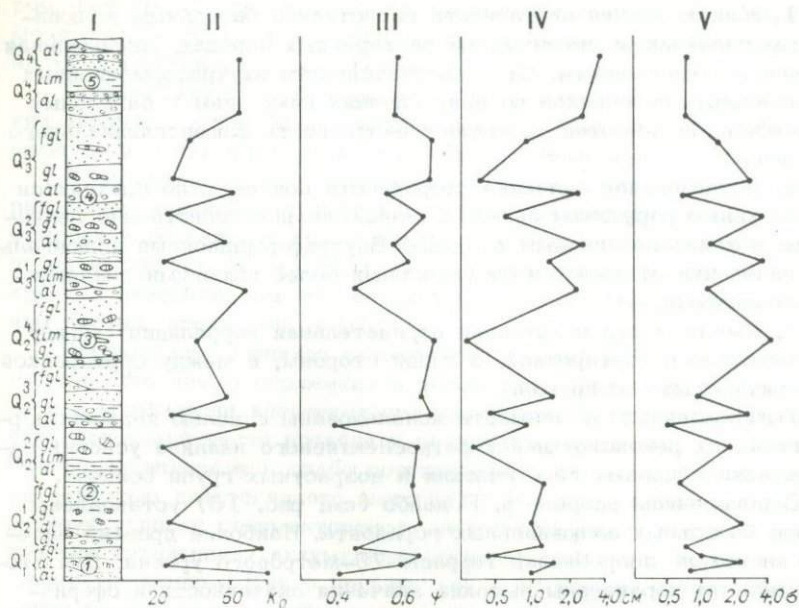


Рис. 17. Морфология частиц, гранулометрии и сортировки рыхлых отложений долины р. Бодайбо.

I – стратиграфическая колонка, II-V – диаграммы окатанности (II), сферичности (III), медианных размеров (IV), сортировки (V). Усл. обозн. к стратиграфической колонке см. на рис. 16.

ледниковой эпохе выделены стадии и интерстадиалы. В ледниковые эпохи происходило интенсивное накопление осадков, в межледниковья осуществлялся их размыв. К окончаниям межледниковий большинство накопленных за время оледенений отложений размывалось и выносилось за пределы бассейна. Русловые потоки врезались в коренные породы. В интерстадиалы также преобладал размыв осадков, но он не достигал коренных пород, поэтому интерстадиальные галечники повсеместно вложены в ледниковые толщи. Предполагается, что ускоренная аккумуляция во время оледенения и энергичный размыв после отступления ледников в значительной мере предопределены глиаиозостатическими опусканиями и компенсационными поднятиями.

Анализ местных пород. Если по составу и морфологии экзотических обломков представилась возможность в какой-то мере провести ретроспективный анализ четвертичных оледенений, то по морфологии местного кластогенного материала в сочетании с его гранулометрией и сортировкой можно выполнить некоторые другие палеогеоморфологические реконструкции.

Результаты морфологического анализа обломков местных пород в сочетании с анализом гранулометрии и сортировки осадков в обобщенном виде показаны на рис. 17. Они послужили фактологической основой для следующих выводов.

1. Максимальная окатанность свойственна базальным аллювиальным галечникам, залегающим на коренных породах, минимальная — моренным образованиям. Степень окатанности внутриформационных аллювиальных галечников во всех случаях ниже, чем у базальных галечников, но заметно превышает окатанность флювиогляциального материала.

2. Минимальное значение сферичности повсеместно приходится на базальные горизонты аллювия, максимальное свойственно ледниковым и водно-ледниковым осадкам. Внутриформационные аллювиальные галечники отличаются от базальных более высокими значениями сферичности.

3. Имеет место отчетливая отрицательная корреляция между окатанностью и сортировкой, с одной стороны, и между сортировкой и сферичностью — с другой.

Установленные зависимости использованы с целью палеогеоморфологических реконструкций и ретроспективного анализа условий седиментации основных генетических и возрастных групп осадков.

В поперечном разрезе р. Бодайбо (см. рис. 16) установлены четыре базальных аллювиальных горизонта. Наиболее древний залегает на цоколе погребенной террасы 75-метрового уровня. Для этого горизонта характерны высокие значения окатанности и сферичности галечного материала, что свидетельствует о большой степени его изношенности, максимум которой приходится на фракцию 1–2 см. Исходя из этих факторов, а также принимая во внимание нормальную мощность аллювия и его весьма высокую насыщенность минералами с повышенной константой гипергенной устойчивости, правомерно сделать вывод о формировании наиболее древнего базального горизонта в стабильных условиях и при длительной сбалансированности привноса и выноса обломочного материала. Рельеф был более мягким, чем современный; глубина вреза долины р. Бодайбо в среднем течении не превышала 300 м, продольный уклон составлял 2,5–3,0 м/пог. км.

Нормальное формирование описываемых базальных аллювиальных галечников было прервано первым крупным оледенением, охватившим Байкало-Патомское нагорье в раннечетвертичное время.

Формирование всех последующих базальных аллювиальных горизонтов тесно связано с межледниковьями эпохами, во время которых вначале (после отступления ледника) происходил интенсивный размыв накопленных во время оледенений осадков. Затем русло медленно врезалось в коренные породы, формируя новый уровень. Характерно, что в среднем течении р. Бодайбо все базальные горизонты отделены друг от друга примерно 25-метровым врезом в коренные породы. Видимо, в межледниковья бассейн р. Бодайбо постоянно испытывал поднятия. Направленное наращивание энергии рельефа нашло отражение и в морфологии частиц: имеет место смещение максимума окатанности и нейтрального размера в сторону крупных фракций. Если, например, на террасе 75-метрового уровня максимально окатанной является галька размером 1–2 см, то в аллювии погребенного тальвега максимум окатанности приходится на гальку разме-

ром 4–8 см. Соответственно происходит смещение нейтрального размера с 0,5–1,0 см в аллювии древнего тальвега до 0,2–0,3 см в аллювии наиболее высоких террас.

Данные выводы подтверждаются результатами гранулометрических анализов: установлено закономерное возрастание медианного размера от верхних базальных галечников к нижним.

В казанцевское межледниковье в пределах описываемой территории рельеф приобретает типичные черты среднегорного: абсолютные отметки водоразделов приближаются к современным, глубина вреза долин достигает 400–420 м, скорость руслового потока во время крупных паводков, как это следует из размера максимально окатанных частиц, превышала 4 м/с.

Наступление ледников существенно меняло условия седиментогенеза, что нашло отражение в целом ряде признаков, в том числе и в морфологии кластогенного материала. В прогрессивные стадии оледенений часто возникали подпрудные бассейны, в которых быстро накапливались слабо сортированные осадки с плохой обработанностью кластогенного материала. В регрессивные стадии оледенения условия седиментогенеза отличались более высокой мобильностью: интенсивная аккумуляция осадков сменялась не менее интенсивным размывом. Как в первом, так и во втором случае обломки пород не успевали приобрести высокую степень изношенности. В лучшем случае происходило стачивание граней, что приводило к росту сферичности. Подобные условия по вполне понятным причинам неблагоприятны для накопления минералов повышенного удельного веса. Этим можно объяснить очень слабую насыщенность ледниковых и водно-ледниковых образований минералами с повышенной константой гипергенной устойчивости.

Многие исследователи Байкало-Патомского нагорья обращали внимание на плохую выраженность ледниковых форм в современном рельефе. На этом основании отрицалось наличие здесь в прошлом крупных оледенений /Билибин, 1956; Башенина, 1960/. Детальный анализ распределения по элементам рельефа моренных образований показал, что основная их масса приурочена к днищам долин и к нижней части склонов. Однако присутствие морен отмечалось в верхней части склонов и на водоразделах /Синюгина, 1960/, где они выполняют наиболее глубокие понижения рельефа и залегают непосредственно на коренных породах. По всей вероятности, доледниковый покров элювиальных и делювиально-солифлюкционных образований в значительной мере был уничтожен экзарационной деятельностью ледников.

На первом этапе после отступления ледников моренные образования в виде чехла залежали на всех элементах рельефа. Затем в результате активного проявления солифлюкционных процессов основная их масса была смещена со склонов и водоразделов в долины, где они подверглись водной переработке. Активному проявлению солифлюкционных процессов в послеледниковое время в значительной мере способствовали обилие в моренном материале мелкозема и широкое развитие многолетней мерзлоты.

Для флювиальных образований характерно преобладание песчаных фракций и подчиненное значение валунно-галечного материала. Последний залегает в виде линз в песчаных толщах. Окатанность его преимущественно средняя, местами слабая, максимальное значение окатанности приходится на мелкогалечную фракцию. Накопление описываемых осадков происходило в условиях затрудненного стока, чередующегося с энергичным размывом, что обусловлено возникновением и ликвидацией подпрудных бассейнов. Подобные условия седиментогенеза наиболее вероятны в регрессивную стадию оледенений.

Положение описываемых образований в современном рельефе весьма разнообразно, но большая часть их все же тяготеет к бортам долин, где они образуют разновысотные аккумулятивные поверхности. Причем относительная высота аккумулятивных террас отчетливо возрастает от истоков рек к их устьям. В частности, в верхнем течении р. Бодайбо (район пос. Артем) описываемые осадки установлены над урезом воды на высоте 30-40 м, в среднем течении - 100-120 м, тогда как в нижнем течении они встречаются над современным руслом на высоте 150-170 м.

Флювиогляциальный генезис этих осадков на основании обнаружения в них повышенного количества спор и пыльцы древесных пород ставился под сомнение Казакевич, Ревердатто, 1972/. На наш взгляд, подобную аргументацию вряд ли можно признать удовлетворительной: деградация ледникового покрова, вероятнее всего, обусловлена изменением климата в сторону потепления. В таком случае вполне логично предполагать появление в пределах освобожденных ото льда участков древесной растительности. Однако вряд ли будет правильным считать мощные аккумулятивные толщи лишь осадками, возникшими в краевой зоне ледника, хотя типичные флювиогляциальные образования, тесно связанные с деградацией ледников, здесь, несомненно, имеются. Им свойственна большая фациальная изменчивость, плохая степень обработанности частиц, высокое содержание ближней экзотики, тяготение к нижним частям разрезов. Иную характеристику имеют описываемые образования в верхних и средних частях толщ, где они приобретают черты аллювиальных отложений. Повышается степень окатанности и сортированности материала, заметно увеличивается фациальная выдержанность осадков как в продольном, так и в поперечном сечении долин. Из этого следует, что в завершающую фазу деградации ледников их влияние на седиментогенез могло быть лишь косвенным. Не исключено наличие значительных ледников в приподнятых частях нагорья. Они оказывали заметное влияние на направленность эрозионно-денудационных процессов в пониженных частях нагорья, где возникал положительный баланс между приносом материала в долины рек и его выносом. Этому могли способствовать, во-первых, обилие на склонах и водоразделах оставшегося после оледенения моренного материала, который под влиянием солифлюкционных процессов активно смешался в зону действия русловых потоков; во-вторых, гляциоизостатические прогибания, имевшие место во время максимальной мощности ледников и не успевшие перейти в стадию компенсационных поднятий, и, на-

конец, в третьих — высокое положение базиса эрозии в долине р. Лены, обусловленное более поздним стаиванием верхоянских ледников, подпруживающих нижнее течение этой реки.

Важно отметить, что после этапа интенсивной аккумуляции наступил этап не менее интенсивного размыва накопленных осадков, который продолжается до настоящего времени. На отдельных отрезках долин врез не совпал с положением погребенного тальвега и русло врезалось в коренные породы, образовав так называемые эпигенетические участки.

Формирование внутриформационных аллювиальных галечников происходило в условиях интенсивного размыва ледниковых и водно-ледниковых осадков. Видимо, этим обусловлена более слабая по сравнению с базальными аллювиальными галечниками степень изношенности их кластогенного материала, хотя протяженность водных потоков была и в том и другом случае одинаковой.

По многим признакам, в частности по морфологическим особенностям галечно-валунного материала, внутриформационные аллювиальные галечники схожи с современным аллювием р. Бодайбо. Исходя из этого, можно сделать вывод, что они формировались после крупных ледниковых эпох, оставивших после себя мощные толщи полигенетических образований. Внутриформационные галечники вложены в эти образования и в то же время они перекрыты более молодыми ледниковыми и водно-ледниковыми толщами. Видимо, размыв ранее накопленных осадков прерывался наступлением новых оледенений. Поэтому не исключено, что какая-то часть, возможно даже основная, внутриформационных галечников является интерстадиальными образованиями.

Итак, на основании фракционного анализа окатанности частиц установлена функциональная зависимость данного признака от размера кластогенного материала, а также получены новые данные об эволюции формы частиц в процессе их изнашиваемости. Установленные зависимости в сочетании с другими признаками позволили расширить существующие сведения об условиях седиментогенеза и палеогеоморфологии бассейна р. Бодайбо в четвертичное время.

Огромное влияние на формирование рыхлых толщ в бассейне р. Бодайбо оказали крупные оледенения, несколько раз охватывавшие бассейн в четвертичном периоде. Первое крупное оледенение относится к раннему плейстоцену. Его отложения перекрывают базальные аллювиальные галечники террасы 75-метрового уровня. Последующие два оледенения охватывали территорию в среднем плейстоцене. Морены этих ледников приурочены к погребенным террасам 55- и 25-метровых уровней. В позднем плейстоцене, по всей вероятности, было два самостоятельных крупных оледенения, отложения которых перекрывают тальвег, борта долины и седловины водоразделов. В каждой крупной ледниковой эпохе выделены стадии и интерстадиалы.

Первые четвертичные оледенения региона развивались в условиях среднегорного умеренно расчлененного рельефа. После каждого

следующего оледенения глубина вреза долины в коренные породы возрасла и достигала максимума в казанцевское межледниковье.

В ледниковые периоды происходило интенсивное накопление осадков, в межледниковья — размыв. Для осадков, образовавшихся во время интенсивной аккумуляции, характерны пониженная степень обработанности поверхности обломков и повышенное значение их сферичности. Базальные аллювиальные горизонты формировались в относительно стабильных условиях. Они отличаются большой изношенностью галечной фракции, выражающейся в высоких значениях окатанности и относительно низких значениях сферичности.

К концу межледниковий основные объемы накопленных за время оледенения отложений размывались и выносились за пределы нагорья. Русловые потоки, как правило, врезались в коренные породы. В интерстадии также преобладал размыв осадков, но он не достигал коренных пород, поэтому интерстадиальные галечники повсеместно вложены в ледниковые толщи.

КОРРЕЛЯТНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ КАРСТА

Разрушение карстовыми процессами растворимых горных пород закономерно сопровождается либо завершается накоплением осадочных, иногда метасоматических или гидротермальных продуктов. Пестрота генетических типов карстовых отложений, наличие среди них многочисленных разновидностей полигенетических образований, быстрая смена их как по вертикали и горизонтали, так и во времени обусловлены интегральностью карстового процесса: участием в карстообразовании помимо определяющего процесса растворения других — эрозии, суффозии, гравитационного массопереноса, гипергенного метасоматоза, физического выветривания.

Две стороны карстового процесса — деструкция карстующейся породы и аккумуляция новообразований — настолько тесно связаны, что существование чисто скульптурных и чисто аккумулятивных карстовых форм выступает как исключение из общего правила. К первым можно отнести карры, ко вторым — отложения известкового туфа карстовых источников.

Карстовые накопления содержат исключительно важную информацию о процессах континентального литогенеза, истории развития рельефа, палеоклимата. Их особая роль среди других континентальных образований заключается в следующем. Во-первых, в областях воздымающейся суши карстовым отложениям и формам свойственна лучшая сохранность по сравнению с иными формами рельефа и коррелятными им отложениями, поскольку карстовые формы большинства климатических зон (за исключением тропиков) представляют собой в основном отрицательные элементы рельефа, испытывающие

постоянную тенденцию к углублению. Во-вторых, часто сохраняющиеся другие природные геологические документы (например, речные и озерные террасы, ледниковые отложения) фрагментарны, представляют собой разрозненные обрывки геологической летописи, составление целостной картины по которым затруднительно либо невозможно. Многие карстовые образования (например, формы покрытого карста) развиваются на протяжении длительных отрезков времени, иногда целых геологических эпох, в результате чего накапливаются сравнительно полные и непрерывные разрезы отложений. В-третьих, карстовые отложения нередко достигают значительной мощности — до 300 м /Цыкин, Цыкина, 1978/, что позволяет увереннее судить о характере рельефа и геологическом строении сильно преобразованных денудацией территорий. В-четвертых, карстовые отложения формируются на разных гипсометрических уровнях; они накапливаются в поверхностных, приповерхностных условиях, в толще карстующихся пород, под покровом скальных и рыхлых нерастворимых отложений, на всем пути движения подземных вод от областей питания до областей разгрузки.

Вследствие большой важности для геоморфологии информации, заключенной в карстовых аккумулятивных образованиях, особую значимость приобретает решение вопросов о коррелятности карстового заполнителя карстовым формам либо их фрагментам, о критериях отличия коррелятных отложений от захороняющих. Это обусловлено тем, что только коррелятные отложения несут информацию о палеогеографии этапов эволюции рельефа, истории его развития, возрасте форм и их частей. Изучение захороняющих образований дает лишь предположительную верхнюю границу возраста карста.

Оперируя понятием "коррелятные отложения", автор придерживается определения, приведенного выше. При характеристике погребенных форм рельефа, видимо, целесообразно выделять особую разновидность коррелятных отложений, которые мы называем компенсирующими. Под этим термином автор понимает геологические тела, накапливающиеся одновременно и взаимосвязанно с прогибанием вмещающей формы. Компенсационные отложения аккумулируются при постоянном углублении дна формирующегося отрицательного элемента рельефа. Вмещающая форма на всем протяжении развития выступает как форма подземного рельефа. Соответствующая ей отрицательная форма поверхностного рельефа имеет возраст, эквивалентный возрасту компенсирующих отложений, равно как и возраст вмещающей формы подземного рельефа.

Рассмотрение карстовых отложений и вмещающих их форм удобно вести по типам карста. Автор придерживается типологической классификации карста, предложенной Р.А. Цыкиным и Ж.Л. Цыкиной /1978/.

Голый карст

Отложения этого вида карста развиты спорадически в карманах дна отрицательных карстовых форм — воронок, колодцев (рис. 18, А),

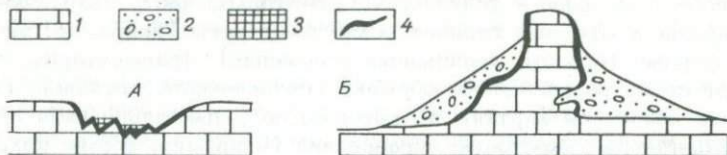


Рис. 18. Соотношение скульптурных форм и коррелятивных им отложений голого типа карста.

А – коррозионные воронки и скопления нерастворимого остатка в них; Б – карстовые останцы и шлейфы обломочного материала. 1 – карстующиеся породы; 2 – обломочный материал – продукт разрушения останца; 3 – терра rossa; 4 – поверхности, которым коррелятивны отложения.

у подножий останцов, скальных стенок, гряд (см. рис. 18, Б), на стенках и потолках гротов, ниш и арок.

В первом случае отложения представляют собой нерастворимые остатки карстующихся пород с примесью материала эолового происхождения, элювия карстующихся пород. Как правило, они неслоистые либо неяснослоистые. Поскольку накопление их идет одновременно с углублением воронок и котловин за счет растворения рельефообразующего субстрата, постольку эти отложения можно считать коррелятивными скульптурным формам, развивающимся в карстующихся породах.

Во втором случае отложения представляют собой шлейф обломков – продуктов разрушения карстовых башен, конусов и других подобных форм голого карста. Они характеризуются отсутствием слоистости и сортировки. Эти накопления формируются одновременно и взаимосвязанно с крутыми уступами карстовых останцов и в результате их разрушения. Следовательно, характеризуемые отложения являются коррелятивными уступами останцов.

По отношению к отмеченным выше элементам рельефа коррелятивные им отложения являются сопряженными (шлейфы обломков у останцов), фиксирующими (нерастворимые остатки), по положению в пространстве находятся в отношениях соседства и включения. Для внутреннего строения рыхлых отложений характерны отношения пространственной разобщенности, прилегания.

В третьем случае на стенках и потолках ниш, гротов, арок откладываются натечные образования карбонатов кальция, реже – кальция и магния. В умеренном климате развитие их происходит редко; чаще это реликтовые формы, сформировавшиеся в пещерах и выведенные на поверхность в результате отступания склонов. Интенсивное образование карбонатных натечков характерно лишь для карста, развивающегося в тропическом климате /Якуч, 1979/. Натечки могут формироваться на любой стадии развития пещер, ниш, гротов, арок. Часто они зарождаются на обвальном–цементационной стадии

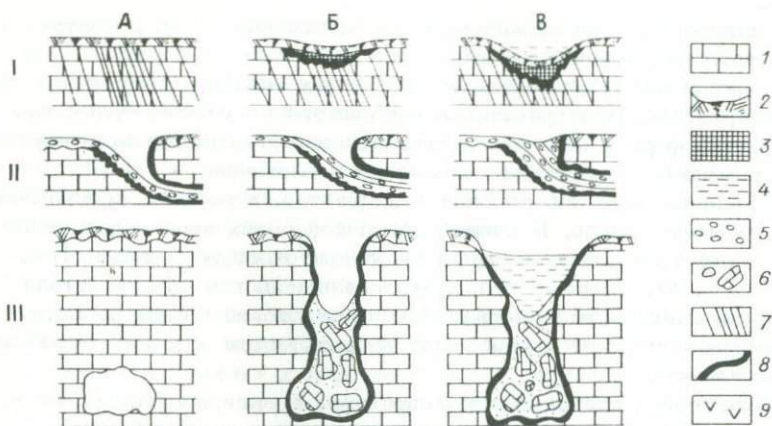


Рис. 19. Схемы накопления отложений в воронках задернованного типа карста.

Воронки: I - коррозионные, II - коррозионно-эрозийные, III - обрушения. А, Б, В - стадии развития воронок. 1 - карстующиеся породы; 2 - почвенный покров; 3 - terra rossa; 4 - озерные и болотные отложения; 5 - аллювий; 6 - карстовые брекчии обрушения; 7 - трещиноватость; 8 - поверхности, которым коррелятны отложения; 9 - породы бронирующей толщи.

развития гротов, пещер и других полых форм. Таким образом, эти хемогенные отложения нельзя считать коррелятными вмещающим их формам, поскольку они возникают не одновременно с ними.

Задернованный карст

Задернованный карст, согласно Н.А. Гвоздецкому /1972/, отличается от голого отсутствием карстовых полей, которые находятся под рыхлым элювиально-почвенным покровом. Этот покров характеризуется малой мощностью и выстилает деструктивные формы скального основания - воронки, блюдца, котловины, рвы, суходолы, скрывающая лишь коррозионные микроформы. В отдельных западинах мощность отложений может достигать 2-5 м и более. Наиболее распространенными карстовыми формами являются воронки. Воронки разных генетических типов характеризуются различными особенностями заполнения.

В коррозионных воронках одновременно с углублением дна происходит аккумуляция нерастворимого остатка, продуктов гипергенного метасоматоза, образующихся *in situ*, и материала делювиального, эолового, гравитационного происхождения (рис. 19, I). Эти отложения, безусловно, являются коррелятными воронками, поскольку

ку накапливаются одновременно и взаимосвязанно с их развитием в результате растворения горных пород.

Коррелятные образования коррозионных воронок относятся к типу фиксирующих. Пространственное взаиморасположение отложений и карстовой формы характеризуется отношениями включения, внутреннее строение — отношениями налегания и вложения.

В ряде случаев дно воронок наливается, и воронка превращается в небольшое озеро. В спокойной водной среде происходит отложение тонкого глинистого и глинисто-алевроитового материала (см. рис. 19, I, В). Озерные отложения накапливаются позднее этапа выработки вмещающей их отрицательной карстовой формы рельефа. Состоят ли они с ней в отношении коррелятности — вопрос, требующий обсуждения.

Характерной особенностью территорий с задернованным типом карста является периодичность возникновения озер в воронках — после снеготаяния, затяжных дождей, при повышении уровня грунтовых вод. За исключением последнего случая, образование водоемов связано с недостаточной пропускной способностью водопроводящих путей в связи с частичной коагуляцией их глинисто-алевроитовым материалом. Вода из озер инфильтрируется в толщу карстующихся пород, но значительно медленнее, чем в сухих воронках. Коррозионные процессы расширения трещин, каналов под днищем воронок продолжаются и в этом случае. Они приводят к дальнейшему развитию (углублению) воронок.

Постепенное накопление тонкодисперсных лимнических осадков неизбежно должно приводить к все большему замедлению и уменьшению инфильтрации воды под земную поверхность и, следовательно, к затуханию коррозии, прекращению углубления воронок. В результате воронка полностью может заполниться озерными и болотными накоплениями. С этих позиций наличие постоянных озер в таких воронках свидетельствует о том, что они находятся в завершающей стадии развития, характеризующейся отмиранием карстовых процессов и заполнением поверхностной формы рельефа.

Из рассмотренных представлений об эволюции коррозионных воронок, занятых озерами, вытекает, что прекращение карстования и обусловленного им углубления дна воронок не могло произойти одноактно, мгновенно и, следовательно, накопление осадков в водоемах сопровождается продолжающееся — хотя и затухающее — развитие карстовых форм. Провести границу между той частью озерных осадков, которая образовалась одновременно с углублением воронки, и той, которая заполнила воронку после отмирания карстовых процессов, практически невозможно.

Вышеизложенное свидетельствует о том, что озерные осадки в совокупности с подстилающими их остаточными образованиями следует отнести к коррелятным. Они являются выполняющими. Пространственное взаиморасположение отложений и карстовой формы характеризуется отношениями включения, внутреннее строение — отношениями налегания.

Воронки и воронки-поноры коррозионно-эрозионного генезиса располагаются вдоль тальвегов суходолов, часто на склонах, в местах поглощения временных и постоянных ручьев. Накопление аллювия на днище воронки, а также нерастворимого остатка, делювиально-элювиальных продуктов на склонах происходит одновременно и взаимосвязанно с развитием подземной отрицательной формы в карстующихся породах в результате протекания коррозионных и эрозионных процессов (см. рис. 19, II). На основании этого мы вправе относить отложения воронок коррозионно-эрозионного генезиса к коррелятным.

По отношению к вмещающей скульптурной форме коррелятные отложения являются компенсирующими. Пространственное взаиморасположение отложений и карстовой формы характеризуется отношениями включения, внутреннее строение — отношениями налегания.

Воронки обрушения образуются при обвале крупных карстовых полостей (см. рис. 19, III). Условия образования и типы провалов связанных с ними воронок обрушения рассматриваются во многих работах /Кавеев, 1967; Лукин, 1964; Максимович, 1963; Ступишин, 1967; Усольцев, 1973; и др./. Воронки обрушения и предвещающие их провалы возникают не только в задернованном типе карста, но и в голом, покрытом, бронированном.

Развитие этих форм происходит в несколько стадий. Первая, подготовительная (см. рис. 19, III, А), сравнительно длительна. За счет растворения пород образуется подземная полость. Меньшее значение имеют процессы подземной эрозии, физического выветривания, гравитационного обрушения пород кровли и стенок полости. В эту стадию породы, залегающие в своде полости, прогибаются под воздействием силы тяжести, и на поверхности появляется западина. В том случае, когда полость залегает глубоко и кровля ее сложена прочными породами, возможно скалывание свода под влиянием горного давления и перемещение полости кверху. На дне ее накапливаются значительные массы гравитационных отложений.

Вторая, катастрофическая, стадия (см. рис. 19, III, Б) кратковременна. Кровля под воздействием гравитационных сил обрушивается, возникает провальная колодезь или шахта нередко значительной глубины. В нижней части провалов накапливаются брекчии обрушения, а под ними погребены отложения первичной полости.

Третья, послепровальная, стадия (см. рис. 19, III, В) характеризуется заполнением провала продуктами обрушения стенок, оползневых процессов, отложений временных водотоков, озер. Он приобретает воронкообразный, а затем блюдцеобразный облик.

На второй стадии брекчии сформировались одновременно и взаимосвязанно с провальным колодезем в результате одного и того же процесса обрушения и, следовательно, являются коррелятными ему.

Провальная колодезь заполняется позднее, чем образуются брекчии. Накапливающиеся в нем осадки захороняют брекчии, что, казалось бы, не позволяет считать такие захороняющие образования коррелятными провалу. Однако захороняющими они являются лишь по отношению к брекчиям обрушения, но не к провальному колодезю.

В неизменном состоянии эта скульптурная карстовая форма существует непродолжительное время, а затем преобразуется, причем изменения — обрушение и выполаживание стенок — протекают одновременно с ее заполнением.

Отложения, заполняющие провальный колодец, коррелятны ему, так как они накапливаются одновременно и взаимосвязанно с его преобразованием — обрушением, оползанием стенок, а материал разрушения становится компонентом заполнителя.

Следует иметь в виду, что наблюдение и изучение развития карстовой формы по стадиям важны для современных карстовых процессов в силу малой длительности их существования. Так, известный в литературе Осинский провал, образовавшийся в 1949 г. (вторая стадия развития), имел отвесные стенки и глубину 56 м /Гвоздецкий, 1952/. Более чем наполовину он был заполнен водой (до глубины 21 м). Уже через два года стенки провала обвалились, и он превратился в колодец глубиной до 15 м. В 1957 г. на его месте возникла воронка глубиной около 16 м с поперечником 15 м /Вологодский, 1975/. В масштабах геологического времени образование и заполнение карстовых провалов происходит практически мгновенно.

По отношению ко всей скульптурной карстовой форме отложения, выполняющие ее, являются коррелятными, поскольку первая и вторая стадии неразрывно связаны. Это последовательные этапы ее развития. Дополнительным свидетельством в пользу вышеизложенного является эволюционная неразрывность формирования брекчий провала и более позднего заполнителя карстового колодца. По мере накопления заполнителя происходит дальнейшее закарстование скального кокола, углубление фронта карстования, что вызывает просадки, перемещения еще не литифицированных рыхлых брекчий и вышележащих выполняющих провал отложений, т.е. накопление последних идет одновременно и взаимосвязанно с карстованием. Взаимосвязь развития брекчий и вышележащих выполняющих отложений усиливается также влиянием первых на вторые за счет усадки, уплотнения брекчий, растворения в них обломочного материала карстующихся пород, что ведет к уменьшению их объема и просадкам вышележащих отложений.

По характеру накопления эти коррелятные отложения относятся к типу выполняющих. Пространственное взаиморасположение отложений и карстовой формы определяется отношениями включения, внутреннее строение — отношениями налегания и вложения.

Значительно более сложными и крупными являются карстовые котловины. Это полигенетические образования, формирующиеся под длительным воздействием коррозии, эрозии, в меньшей степени — склоновых процессов. В их пределах встречаются провальные колодцы, воронки разных генетических типов, суходолы, небольшие формы покрытого карста. Соответственно в котловинах образуются полигенетические отложения, в целом коррелятны котловине, поскольку накапливаются одновременно с ее развитием и под влиянием процессов, предопределяющих ее формирование и моделирование

склонов и днища. По отношению к элементам рельефа отложения являются фиксирующими, компенсирующими. Для пространственного положения характерны отношения включения, для внутреннего строения — отношения вложения, налегания.

Механизм заполнения карстовых рвов, связанных с трещинами бортового отпора, отличается от механизма образования отложений, воронок обрушения, провальных колодцев. Это обусловлено, прежде всего, относительно небольшой величиной горизонтальных смещений отседающего блока, постепенностью отседания, шелевидной формой полости и значительной протяженностью трещин отседания. По мере отседания происходит обрушение глыб и обломков коренной породы в трещину, где они заклиниваются на различной глубине. На заклиненных блоках скапливаются более мелкие обломки и щебень, цементируемые суглинком, обрывками почвенно-дернового слоя. В случае небольших амплитуд смещения отседаемых блоков почвенно-дерновый слой не разрушается, лишь проседает, прогибается над полостью. По мере увеличения отседания заклиненные обломки пород и другие заполняющие образования проваливаются, проседают все глубже и, следовательно, понижается дно рвов. Такой механизм заполнения отрицательной скульптурной формы — трещины отседания — свидетельствует о том, что заполняющие накопления коррелятны ей, поскольку накапливаются одновременно и взаимосвязанно с ней в результате сопряженных процессов. По отношению к трещине отседания отложения являются выполняющими, по положению в пространстве — находятся в отношениях включения. Внутреннее строение определяется отношениями пространственной разобшенности.

Покрытый карст

Покрытый карст развивается под толщей рыхлых отложений значительной мощности, аккумулярирующихся, по мнению Р.А. Цыкина и Ж.Л. Цыкиной /1978/, одновременно и взаимосвязанно с развитием карста. Этими авторами в заполнителе покрытого карста выделяются два горизонта — базальный, сложенный преимущественно нерастворимыми остатками и обломками карстующей породы, и компенсационный, сложенный аллювиальными, озерно-болотными, делювиальными и другими образованиями. Возможны три пути образования форм покрытого карста.

1. Формы покрытого карста эволюционируют из котловин и суходолов задернованного типа карста в пределах речных долин. Карстовые депрессии избирательно углубляются за счет коррозии пород скального основания. Одновременно происходит накопление аллювия, компенсирующего локальные понижения поверхности, а на границе растворимых пород — накопление нерастворимого остатка. Мощности аллювия могут достигать десятков метров, а площадь распространения — многих десятков квадратных километров. Эти отложения накапливаются одновременно и взаимосвязанно с развитием скульптурной вмещающей формы, выработанной в коренных породах, в резуль-

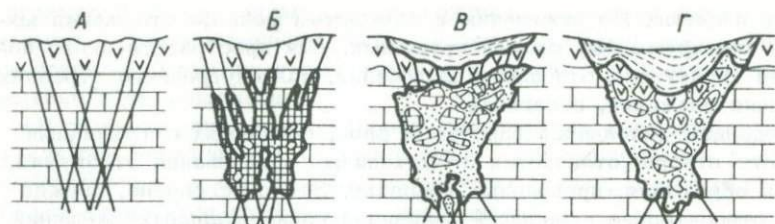


Рис. 20. Схема накопления отложений в формах бронированного карста. А–Г – стадии развития форм. Усл. обозн. см. на рис. 19.

тате коррозионного углубления днища и коррелятны ей. По отношению к форме рельефа аллювиальные образования являются компенсирующими, остаточные – фиксирующими, по положению в пространстве находятся в отношениях включения. Внутреннее строение определяется отношениями вложения, налегания.

2. Формы покрытого карста эволюционируют из форм бронированного карста (рис. 20). Карстовые процессы, развивающиеся на интенсивно нарушенных трещинах участках под покрывкой нерастворимых скальных пород, обуславливают ее дробление, проседание блоков в карстовые полости (см. рис. 20, Б). На поверхности постепенно формируется мульда проседания, по мере опускания заполняющаяся продуктами биогенной седиментации, аллювием и другими осадками, слагающими компенсационный горизонт (см. рис. 20, В).

На определенной стадии относительная сплошность бронирующей покрывки окончательно нарушается под воздействием процессов проседания, подземного оползания, обрушения, и формируется горизонт провальнo-просадочных брекчий (см. рис. 20, Г). Только на этой стадии форма бронированного карста превращается в форму покрытого карста. Мульда проседания постепенно трансформируется в котловинообразную депрессию, имеющую постоянную тенденцию к углублению, что обуславливает последовательное накопление компенсационных отложений нередко значительной мощности. В дальнейшем происходит закономерное измельчение обломков бронирующей покрывки за счет перетиранья, скальвания, дробления при неравномерных просядках, интенсивного выветривания, разубоживания их содержания вследствие распределения в большем объеме, перемешивания с продуктами компенсационного горизонта.

В составе заполнителя рассматриваемых карстовых форм можно выделить три геологических тела (снизу вверх): горизонт брекчий карстующихся пород, горизонт брекчий пород бронирующей покрывки и компенсационный горизонт. Слоистым строением обладает лишь последний; первые два характеризуются беспорядочной (хаотичной) текстурой.

Компенсационный горизонт коррелятен форме подземного рельефа, проводимой по кровле брекчий. Базальные его слои фиксируют начало заложения поверхностной формы рельефа – мульды проседа-

ния. Накопление отложений горизонта шло одновременно и взаимосвязанно с углублением мулды в результате просадочных процессов. По отношению к вмещающей форме отложения являются компенсирующими, по положению в пространстве находятся в отношениях включения. Внутреннее строение определяется отношениями налегания и вложения.

Горизонты брекчий коррелятны подземной карстовой форме, проводимой на границе карстующихся пород. По отношению к этой форме брекчии, по-видимому, должны быть отнесены к типу фиксирующих образований, так как исходной полости как формы рельефа не существовало. Кроме того, брекчии карстующихся пород представляют собой остаточные, до конца не растворенные образования от некогда ненарушенной толщи. В составе их цемента содержится остаток от растворения карстующихся пород. По положению в пространстве находятся в отношениях включения. Внутреннее строение брекчий характеризуется отношениями налегания.

3. Формы покрытого карста развиваются под чехлом аллювиальных, моренных, флювиогляциальных и других рыхлых нерастворимых отложений. По механизму образования можно выделить коррозионно-просадочные, суффозионно-провальные, провальные формы и воронки просасывания.

Коррозионно-просадочные формы образуются путем постепенного проседания некарстующихся покровных отложений вслед за углубляющимся фронтом карстования в кровле растворимых пород. В результате в подземном рельефе карстующегося цоколя формируются ванны, слои покровных отложений изгибаются с падением к центрам понижений, а на поверхности появляются воронко- и блюдцеобразные западины. Вдоль фронта карстования, в расширенных коррозией трещинах накапливается незначительное количество нерастворимого остатка карстующихся пород. Эти образования коррелятны коррозионным формам подземного рельефа, однако информативность их для определения возраста эволюции форм незначительна. В блюдцах и воронках поверхностного рельефа часто отлагаются озерные, болотные, аллювиальные и эоловые образования, являющиеся по отношению к ним коррелятными. Это накопления компенсирующие. По положению в пространстве они характеризуются отношениями включения, по внутреннему строению — отношениями налегания и вложения.

Воронки просасывания образовались вследствие выноса рыхлых покровных отложений по закарстованным трещинам в подземные карстовые полости. В активных воронках накопления осадков, как правило, не происходит; лишь на склонах часто наблюдаются оплывины и оползни. Исключением являются воронки просасывания подруслового карста. В них вынос рыхлого материала компенсируется непрерывным привнесом аллювия. Аллювий в подрусловых воронках просасывания накапливается одновременно с их углублением в результате протекания сопряженных процессов, корреляционные связи которых очевидны. По отношению к вмещающим формам отложения являются компенсирующими, по положению в пространстве состоят в отношениях включения, по внутреннему строению — в отношениях налегания и включения.

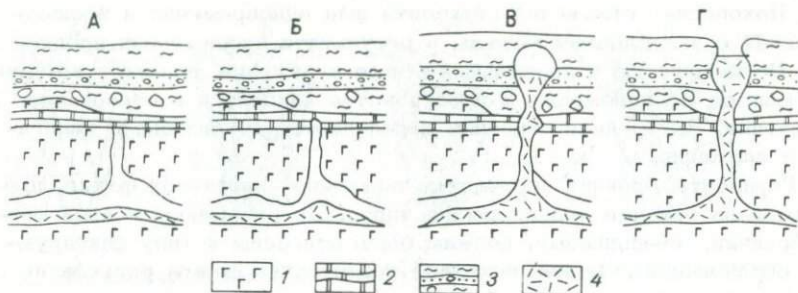


Рис. 21. Схема образования провалов над органичными трубами /Лукин, Ежов, 1975, с изменениями/.

А-Г - стадии развития форм. 1 - гипсы; 2 - доломиты; 3 - отложения, перекрывающие растворимые породы; 4 - заполнитель карстовых полостей.

Неактивные, отмершие воронки просасывания покрытого типа карста заполняются так же, как отмершие воронки задернованного карста (см. выше). Провальные формы покрытого карста отличаются от подобных форм задернованного и бронированного карста лишь большими размерами понижений в плане, образующихся на поверхности, но не механизмом заполнения и отношениями коррелятности отложений.

На участках распространения пещер встречаются провалы, связанные с органичными трубами, которые растут вверх от гротов и галерей пещер, а затем вскрываются (рис. 21). Такие провальные формы известны в районе г. Кунгура /Лукин, Ежов, 1975/. Коррелятные отложения провалов представлены теми же типами по отношению к вмещающей форме, по пространственному положению и внутреннему строению, что и в провалах задернованного карста.

Провально-просадочно-суффозионные формы образуются при обрушении относительно небольших карстовых полостей в толще растворимых пород под покровом рыхлых некарстующихся отложений значительной мощности. При провале свода полости брекчии карстующихся пород и материал покровной толщи полностью заполняют полость. При этом относительная сплошность рыхлого чехла не нарушается. На поверхности появляется блюдцеобразное понижение, размеры которого зависят от соотношения глубины залегания полости, ее размеров и мощности рыхлого чехла. По периферии понижений возникают кольцеобразные трещины, открытые или скрытые. В дальнейшем происходит уплотнение брекчий, сопровождаемое частичным растворением обломков карстующейся породы. Это приводит к просадкам вышележащих отложений. Нисходящими водами материал рыхлого покрова вымывается в глыбовые брекчии, выносится по трещинам. В результате поверхностные понижения имеют постоянную тенденцию к углублению, происходящему обычно скачкообразно, с периодами временной стабилизации.

Отложения, заполнившие подземный провал, коррелятны ему, поскольку образовались одновременно с ним в результате гравитационного обрушения свода полости. По характеру накопления относятся к типу выполняющих, по положению в пространстве относительно коррелятных форм рельефа находятся в отношениях включения. Внутреннему строению свойственны отношения налегания.

Поверхностные понижения, возникающие над провально-просадочно-суффозионными формами, часто заполняются по мере проседания все новыми и новыми слоями озерных, болотных, аллювиальных отложений. Поскольку они начинают накапливаться сразу вслед за образованием западины, а их отложение сопряжено с процессом локального опускания поверхности, логично считать их коррелятными этим формам рельефа. По характеру накопления они являются компенсирующими, по пространственному отношению к понижениям поверхности включенными. Внутреннее строение определяется отношениями налегания.

Бронированный карст

Бронированный карст развивается под скальными и полускальными нерастворимыми или значительно менее растворимыми породами. Карстовые явления развиваются на границе раздела "нерастворимая покрывка - карстующиеся породы" либо внутри последних. По нашему мнению, следует различать две обстановки, влияющие на особенности и динамику осадконакопления в пределах областей бронированного типа карста: 1) участки бронированного карста, характеризующиеся наличием речной сети, по которой перемещается значительное количество аллотигенного материала; 2) участки бронированного карста с незначительным привносом аллотигенного материала.

Первый случай достаточно подробно рассмотрен при описании открытого карста: с течением времени полости бронированного карста эволюционируют в формы открытого карста. Второй случай отличается, прежде всего, отсутствием компенсационного горизонта. Особенности формирования такого карстового рельефа и связанных с ними отложений детально рассмотрены А.И. Печеркиным и Г.Б. Болотовым /1983/. Они выделяют четыре стадии преобразования рельефа карстующихся массивов, перекрытых скальными либо полускальными породами (рис. 22).

1. Первичное расчленение рельефа. Начинается сразу после воздымания территории под влиянием тектонических движений. Доступ атмосферных осадков к карстующейся толще возможен лишь по трещинам, разбивающим перекрывающие коренные породы.

На сильно раздробленных тектоническими трещинами участках массива выщелачивание протекает интенсивней. Это определяет неравномерное снижение кровли карстующихся пород и приводит к тому, что поверхность массива становится волнообразной. Постепенно начинают формироваться карстовые останцы, приуроченные к слабо-трещиноватым участкам, депрессии, развивающиеся на сильнотрещи-

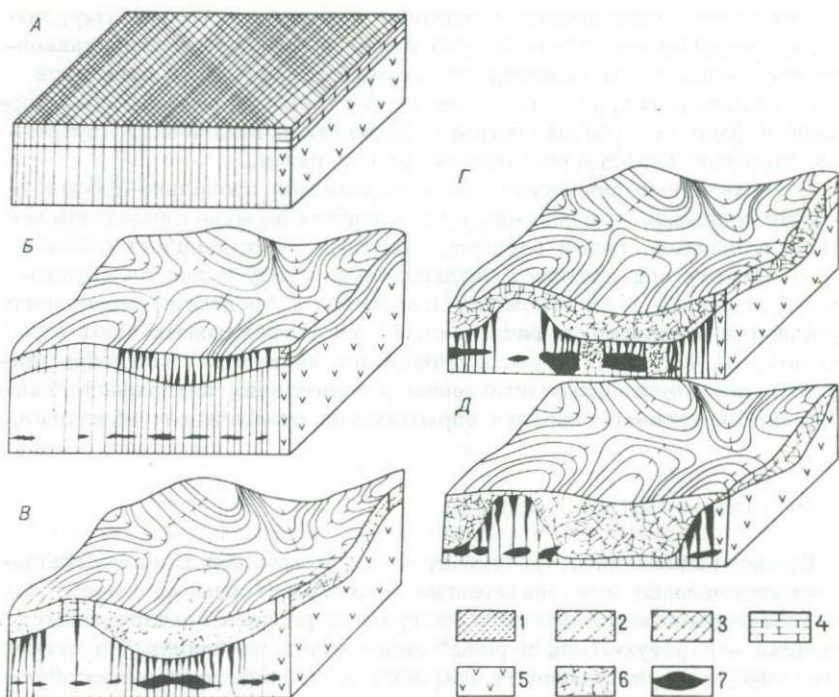


Рис. 22. Формирование рельефа кровли закарстованного массива, перекрытого нерастворимыми скальными породами, и карстовых отложений /Печеркин, Болотов, 1983/.

А – первоначальное положение массива и характер его трещиноватости; Б–Д – стадии формирования рельефа.

1–3 – степень дробления карстующихся горных пород: сильная (1), средняя (2) и слабая (3); 4 – перекрывающие карстующийся массив скальные породы; 5 – растворимые породы; 6 – обвално-карстовые отложения; 7 – карстовые полости.

новатых породах, и разделяющие их межостанцовые седловины, образующиеся на участках со средней степенью раздробленности пород трещинами (см. рис. 22, Б).

2. Формирование верхнего яруса гравитационно-карстовых образований. В результате неравномерного опускания кровли растворимых пород деформации покрова достигают критических значений. Перекрывающая толща расчленяется на блоки, ограниченные трещинами. Под влиянием выветривания, растворения стенок микротрещин и эрозионной деятельности поверхностных вод блоки распадаются на обломки различных размеров и форм. На вершинах останцов перекрывающая толща остается "монолитной", разрушающейся преимущественно за счет поверхностной денудации (выветривание, плоскостной смыв, эрозия). С вершин останцов продукты

разрушения покрова поступают в депрессии. Промежутки между обломками нерастворимых пород заполняются остаточным элювиальным и песчано-глинистым материалом, принесенным в депрессии поверхностными водами. Таким образом, формируется верхний ярус гравитационно-карстовых отложений. Наибольшая мощность их отмечается в депрессиях (см. рис. 22, В).

В зоне горизонтальной циркуляции на сильно раздробленных участках образуются обширные карстовые полости.

3. Формирование нижнего яруса обвальнo-карстовых образований. В зоне горизонтальной циркуляции продолжается формирование карстовых полостей. В сильно раздробленных участках массива над отдельными наиболее крупными полостями кровля теряет устойчивость и обрушивается. За счет обломков растворимых пород начинается формирование нижнего яруса гравитационно-карстовых отложений (см. рис. 22, Г).

4. Завершение формирования карстового рельефа. Происходит полное обрушение кровли карстовых полостей, расположенных в сильно раздробленных зонах. Заканчивается формирование нижнего яруса гравитационно-карстовых отложений и рельефа карстующегося массива (см. рис. 22, Д).

Таким образом, накопление гравитационно-карстовых отложений происходит одновременно и взаимосвязанно с углублением фронта карстования в результате развития коррозии и сопряженного с ней обрушения и просадок пород. Поэтому отложения, выполняющие такие формы, необходимо относить к коррелятным. Поскольку они непрерывно наращиваются вслед за отступающей границей западин подземного рельефа карстующихся массивов и представляют собой реликты бронирующих и растворимых пород, эти образования следует относить к фиксирующим. С подземными депрессиями отложения состоят в отношениях включения. Для внутреннего строения характерны отношения налегания (нижний и верхний ярусы карстовой брекчии) и вложения (реликты отложений полостей горизонтальной и вертикальной циркуляции в карстовых брекчиях). Текстуры брекчий хаотичные.

Отраженный карст

Отраженный карст формируется за счет глубинного растворения мощных слоев каменной соли в зонах инфильтрации или разгрузки подземных вод. Это процесс длительный и создающий большой объемный эффект, обуславливающий плавное опускание вышележащих пород и образование просадочных структур /Шькин, 1981/. По мере проседания поверхности над площадями развития экранированного соляного карста происходит постепенное заполнение образующихся впадин континентальными отложениями (рис. 23). Г.П. Вологодский /1975/ описал Новометелкинскую структуру, связанную с локальным выносом солей усольской свиты. Она имеет размеры 60 x 10-15 км и выполнена мощными (до 300 м) отложениями континентальной юры.

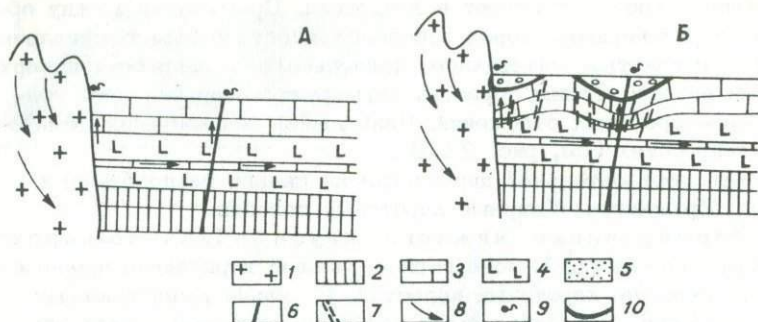


Рис. 23. Схема заполнения формы отраженного карста.

А, Б - стадии развития. 1 - горно-складчатое обрамление платформы; 2 - терригенные породы; 3 - карбонатные породы; 4 - соленосные отложения; 5 - остаточные продукты от растворения соленосных толщ; 6 - разломы; 7 - зоны трещиноватости и брекчирования, обусловленные проседанием толщ на участках выщелачивания; 8 - пути движения подземных вод; 9 - источники; 10 - поверхности, которым коррелятны отложения.

Отложения, компенсирующие поверхностные формы отраженного карста, коррелятны этим формам, поскольку соблюдается условие одновременности образования отложений и форм, а также принцип обусловленности их возникновения сопряженными процессами.

По отношению к формам рельефа отложения являются компенсирующими, по положению в пространстве находятся в отношениях включения. Внутреннее строение определяется отношениями вложения и налегания.

Полый карст

Полый тип карста выделен Р.А. Цыкиным и Ж.Л. Цыкиной /1978/. К нему относятся пещеры и пещеристые полости с воздушным заполнением. Для этого типа характерны разнообразные отложения. Здесь, как и для покрытого и бронированного типов карста, существуют различия общих и детальных оценок взаимосвязи и одновременности отложений и форм, общего и частного. Для молодых и современных пещер возможны детальные реконструкции коррелятных связей отдельных типов заполнителя с конкретными формами подземного нано- и микрорельефа пещер. Например, в пещерах встречается иногда до нескольких уровней цокольных террас, выработанных подземными реками. Отложения каждой конкретной террасы коррелятны вполне определенной скульптурной форме - цоколю террасы, но не коррелятны пещере в целом как карстовой форме. Точно так же любое конкретное тело пещерных отложений коррелятно определенным формам подземного рельефа, но не коррелятно всей пещере. В отношении

коррелятности к пещере в целом состоит весь комплекс заполняющих ее отложений.

Действительно, с момента зарождения полости до ее заполнения либо уничтожения денудацией в ней происходит аккумуляция отложений — вначале остаточных, затем полигенетичных. Для завершающих стадий характерны гравитационные накопления. По отношению к формам полого карста отложения являются выполняющими; по положению в пространстве находятся в отношениях включения. Для внутреннего строения характерны отношения налегания, вложения, пространственной обобщенности.

Водоносный карст

К этому типу карста отнесены полости внутри карстующихся пород, заполненные водой. В таких полостях происходит осаждение нерастворимых остатков карстующихся пород (при замедленном водообмене и на участках медленного движения воды), аллювия различной степени грубости — от песчаного до грубообломочного (при небольших скоростях течения подземных водотоков), гравитационных (обвальных) брекчий (на участках пересечения тектонических разломов), хемогенных каменных цветов, кораллитов, кристаллитов, кор (в гидротермокарстовых полостях), хемогенных инкрустаций карбонатов, кварца (в зоне катагенеза). Некоторые участки полостей с мощными напорными потоками не имеют заполнителя, так как весь взвешенный материал выносятся.

Комплекс отложений каждой конкретной полости водоносного карста является коррелятным этой полости, поскольку образуется на протяжении ее становления вследствие проявления одних и тех же сопряженных процессов — коррозии, эрозии скальных пород подземными водами и одновременного осаждения взвешенного материала (продуктов растворения, механического разрушения пород), выпадения из гидротерм вторичных хемогенных образований и т.д. При осушении полостей они переходят в полый тип карста.

По отношению к вмещающим формам коррелятные отложения водоносного типа карста являются выполняющими; положение в пространстве определяется отношениями включения. Внутреннее строение характеризуется отношениями вложения, налегания, пространственной разобщенности.

Кольматированный карст

Кольматированный карст выделен Д.С. Соколовым /1962/ и представляет собой заполненные суглинками, брекчиями и другими образованиями подземные карстовые полости. Отложения кольматированных полостей полигенетичны; структуры и текстуры их свидетельствуют о подземном аллювиальном заполнении карстовых объемов, отложении водных тонких терригенных частиц пелит-алевроитов

вой размерности из водных растворов в застойных (спокойных) условиях, обрушении стенок полостей в водной и воздушной среде, проседаниях обломочного материала с поверхности, хемогенного осаждения минералов марганца, железа на геохимических барьерах, гипергенного метасоматического оглинения карбонатных пород и др.

В сущности, кольматированный карст представляет собой предельно заполненные подземные карстовые полости, ранее существовавшие как формы полого либо водоносного типов карста. Вероятно, возможен и другой путь формирования: коррозионное расширение трещин и одновременное заполнение их просадочными образованиями, оползающим водонасыщенным суглинком. Поскольку механизм заполнения полостей кольматированного карста ничем принципиально не отличается от механизма заполнения полостей полого и водоносного типов карста, постольку правомерен вывод о коррелятивности карстового заполнителя формам кольматированного карста.

По отношению к элементам рельефа отложения являются выполняющими; по положению в пространстве состоят в отношениях включения, по внутреннему строению — в отношениях вложения.

В типологическую классификацию карста Р.А. Цыбина и Ж.Л. Цыкиной /1978/ не вошли поверхностные отложения известкового туфа карстовых источников, формирующихся в субтропическом и реже — в умеренном климате. По-видимому, их следует относить к карсту голого типа. Известковый туф слагает положительные формы рельефа различных очертаний — террасовидные, холмоподобные, каскадные. Отложения обычно тонкослоистые. Они коррелятивны слагаемым им положительным элементам рельефа, поскольку образуются одновременно с ними в результате одного и того же процесса — выпадения из раствора карбонатов кальция. По отношению к элементам рельефа эти осадки являются строящими; по положению в пространстве они состоят в отношениях совмещения, по внутреннему строению — в отношениях налегания.

Особенности коррелятивных и захороняющих образований карста

Следует отметить важную особенность карстовых отложений: они довольно часто неслоисты, обладают беспорядочной текстурой. К таким образованиям относятся провально-просадочные, подземно-оползневые брекчии форм покрытого, бронированного, кольматированного карста, коллювиальные свалы полого, водоносного, голого (под останцами) типов карста. Следовательно, карстовые отложения, помимо особых условий образования, обладают и существенной особенностью внутреннего строения, отличающей их от осадков, коррелятивных формам рельефа земной поверхности — для них необязательна слоистая структура.

При устойчивом и длительном опускании территории поверхностные карстовые формы захороняются под перестилающими аллювиальными, трансгрессивными и ингрессивными морскими отложениями,

пресно- и солоновато-водными бассейновыми толщами. Захороняющие образования имеют площадное распространение, тогда как карстовые отложения слагают локальные участки, залегая большей частью внутри карстовых форм, реже — примыкая к ним.

Захороняющие отложения не имеют столь сложного строения и пестрого состава, как карстовые, не несут их специфических черт: весьма резких колебаний мощности, компонентов нерастворимого остатка, продуктов биметасоматоза и гипергенного метасоматоза карбонатных пород и др. Иногда затруднительно выделить компенсационный горизонт древних форм бронированного и покрытого карста, но это становится возможным при детальном исследовании. Компенсационный горизонт часто бывает нарушен провалами и просадками, синхронными его образованию, что не имеет места в захороняющих толщах.

В заключение укажем на некоторые особенности отложений, коррелятных карстовым формам рельефа.

1. Карстовые отложения довольно хорошо отличимы от захороняющих. Главными признаками карстового заполнения поверхностных форм внешних типов карста (за исключением отраженного) являются: локальность распространения, приуроченность лишь к карстовым формам, весьма резкие колебания мощности от 0 до 150–300 м; специфический состав и строение базального горизонта, содержащего компоненты нерастворимого остатка, обломки коренной породы, продукты биметасоматоза и гипергенного метасоматоза карбонатных пород, гидроокислы железа и марганца; частое отсутствие слоистости; наличие провално-просадочных брекчий карстующихся и бронирующих пород; следы провалов и просадок в компенсационном горизонте форм покрытого и бронированного карста.

2. Карстовые формы и коррелятные им геологические тела областей питания карстовых вод не коррелятны развивающимся одновременно с ними формам и телам областей разгрузки.

3. Наиболее распространенным типом коррелятных отложений карста по характеру накопления относительно форм рельефа являются выполняющие и компенсирующие образования. Редко встречаются сопряженные (шлейфы обломков под карстовыми останцами, конусы выноса обломочного материала карстовыми подземными реками) и строящие (отложения известкового туфа карстовых источников).

4. По пространственным отношениям скульптурных форм и коррелятных им отложений наиболее часты отношения включения, редки — отношения соседства и совмещения.

5. Внутреннее строение коррелятных отложений характеризуется отношениями наложения, вложениями, реже — пространственной разобщенности, прилегания.

6. Карстовым коррелятным отложениям свойственно как слоистое, так и беспорядочное (хаотичное) сложение.

КОРРЕЛЯТИВНЫЕ СВЯЗИ РЕЛЬЕФА
С РЫХЛЫМИ ОТЛОЖЕНИЯМИ
ВО ВНУТРИМАТЕРИКОВОМ ОРОГЕНЕ
(Становое нагорье)

Регион Станового нагорья представляет собой северо-восточный фланг Байкальской рифтовой зоны. Формирование межгорных впадин не было одновременным на всей территории Байкальской рифтовой зоны /Логачев, 1974; Флоренсов, 1960, 1968/. Разрастание рифтовой зоны шло к юго-западу и северо-востоку от Южно-Байкальской впадины, сформировавшейся в эоцене - олигоцене. По данным изучения толщ рыхлых осадков, геофизическим и сейсмогеологическим наблюдениям /Новоселова, 1975; Лопатин, 1972; Солоненко, 1968; Флоренсов, 1970/, максимум интенсивности тектонической активизации в Становом нагорье относится к плиоцену - плейстоцену. Тенденция к разрастанию является одной из наиболее показательных характеристик развития рифтовой зоны в целом. В Становом нагорье она выразилась в разрастании крупных впадин за счет формирования и приращения к ним малых и в заложении малых впадин-сателлитов в хребтах. На современном этапе Становое нагорье представляет собой систему высокоподнятых (2200-3080 м) линейно вытянутых глубоко расчлененных хребтов северо-восточного простирания, разделенных суходольными впадинами - Верхнеангарской, Муйской, Чарской, Ципинской. Корреляция рельефа и рыхлых отложений здесь представляет собой трудную задачу. С одной стороны, в тектонически активных областях коры выветривания, коррелятные исходному мел-палеогеновому рельефу, практически не встречаются в разрезах рыхлых отложений впадин. Поэтому прямой корреляции "рельеф - рыхлые отложения" провести невозможно. С другой стороны, реликты выровненных поверхностей на водоразделах существуют, но они лишены какого-либо древнего покрова. По мнению Л.С. Миляевой /1976/, если областью сноса является поверхность выравнивания со слабым дренажем и высоким уровнем грунтовых вод, коры выветривания будут маломощными, следовательно, в силу равнинности рельефа выноса продуктов выравнивания во впадины почти не будет происходить. Когда областью сноса является слабо расчлененная поверхность выравнивания, в прилегающих впадинах накапливается маломощный горизонт отложений, представленных в основном продуктами кор выветривания. Поэтому правомерен вывод, что в мел-палеогене на территории Станового нагорья существовала регионально развитая поверхность выравнивания. Существование ее принимается нами априорно, с учетом того, что в смежных областях - Витимском плоскогорье и Байкало-Патомском нагорье - она устанавливается достоверно и фиксирована древней корой выветривания. Сохранность древних кор выветривания на этих территориях можно объяснить двумя причинами - своеобразием условий корообразования и характером тектонического развития в кайнозое.

Витимское плоскогорье в мезозое являлось областью активных тектонических движений с поднятиями до 3000 м /Лунгерсгаузен, 1971/ хребтами и глубокими впадинами. Во время пенеппенизации в мел-палеогене оно представляло собой горное плато, на котором могли формироваться мощные коры выветривания /Миляева, 1976/. Продукты выветривания сносились в существовавшие впадины (Беклемишевскую, Нижнежелондинскую и др.). Вместе с тем тектоническая пассивность плоскогорья в кайнозое и превращение его в слабо всхолмленную равнину обусловили частичную сохранность ранее мощных горизонтов кор выветривания. В свою очередь Становое и Байкало-Патомское нагорья представляли собой области преимущественного развития пологохолмистого рельефа. В силу равнинности и слабого дренажа территории коры выветривания здесь были маломощными, а отсутствие впадин, куда могли сноситься их продукты, обусловило перерыв в осадконакоплении рыхлых толщ и практически полное выпадение из разреза осадков, соответствующих мел-палеогеновому времени. Севернее 55° с.ш. палеогеновые отложения почти не встречаются. В кайнозое на Байкало-Патомском нагорье коры выветривания частично уничтожались в северных участках нагорья, где слабо проявились процессы тектонической активизации; полностью — в пределах Чая-Витимского краевого поднятия, на границе с рифтовой зоной /Золотарев, 1974/. На Становом нагорье — области наибольшей тектонической активизации в кайнозое — в силу наибольших амплитуд поднятий и глубокой расчлененности древний гипергенный чехол был размыт, а его продукты рассредоточены по склонам и переотложены во впадинах. Так, в борту древней долины Верхнего Ангарака, в отложениях верхнего плейстоцена в обильных количествах отмечены спорово-пыльцевые комплексы палеогена.

Таким образом, прямую корреляцию "пенеппенизированные поверхности — рыхлые отложения" для Станового нагорья провести невозможно. Вместе с тем древние выровненные поверхности явились исходными для рельефа неогенового периода.

В миоцене с начала роста сводового поднятия единая поверхность нагорья была расчленена на пологие поднятия и прогибы. Проявились предпосылки к потенциальному разрушению выровненных поверхностей и соответственно сносу продуктов кор выветривания в образовавшиеся прогибы. Слабая степень расчлененности, пологие склоны обусловили медленное движение продуктов разрушения кор выветривания и аккумуляция в образовавшихся прогибах алевролитов, алевропелитов. В разрезе Ципинской впадины эта толща представлена осадками мощностью от 400 до 700 м. В конце миоцена — раннем плиоцене продукты разрушения мел-палеогеновых кор выветривания в основной массе были рассредоточены на склонах пологих поднятий, переотложены в прогибы, где они сформировали мощные толщи тонкозернистых осадков. Синхронным осадкам был рельеф с пологими склонами и уплощенными водораздельными поверхностями, на которых формировались неогеновые коры выветривания гидрослюдистого состава. Древний пенеппен превратился в плато, при котором существовали благоприятные условия образования довольно мощ-

ных кор выветривания. Однако временной интервал корообразования, видимо, был непродолжительным, и это определило малые мощности гидрослюдистой коры выветривания. Синхронные этому этапу выравнивания коры выветривания погребены осадками нижнеплейстоценовых малых впадин.

Плиоцен-эоплейстоценовому этапу свойственны интенсивные тектонические движения и создание, по сути дела, нового рельефа — линейных высоко поднятых хребтов и глубоких впадин. Нарастание тектонической активности происходило поэтапно. В первую очередь это отразилось в последовательном поглубении осадков во впадинах. В Ципинской и Муйской впадинах плиоценовые отложения представлены бурыми и охристыми песками, валунными галечниками аллювиального генезиса, в отличие от озерных осадков миоцена. Характерный охристый цвет отложений этого этапа — следствие аридизации климата Южной Сибири, начавшейся в середине неогена /Равский, 1972/.

Плиоценовые осадки в Ципинской впадине отмечены в разрезах 4–5-метровых террас, приуроченных к бортовым ее частям. В Муйской впадине они приурочены к региональному уровню на высоте 900–1200 м, развитому на склонах Южно-, Северо-Муйского и Муяканского хребтов; в Удоканском, Каларском хребтах — к цокольным террасам высотой 100 м в долине р. Калар. В последнем случае отложения перекрыты базальтоидами. На всех геоморфологических уровнях состав осадков однотипен. Формирование толщи происходило в условиях непрерывных поднятий хребтов, эрозионного их расчленения. Большая длина потоков наносов определила хорошую окатанность и сортировку материала. При рассмотрении корреляции отложений впадин и рельефа необходим учет расстояний районов аккумуляции от областей сноса /Миляева, 1976/. В центральной части Муйской впадины коррелятивными этому этапу являются мелко-, среднезернистые и пылеватые горизонтально-слоистые пески, образующие довольно мощные (до 100 м) пачки. В песках отмечаются линзы красных охристых глин мощностью от 5–7 до 10 м. В при-бортовых же частях впадины формировались осадки, аналогичные таковым в речных долинах горного обрамления — преимущественно галечники. Преобладание в разрезах аллювиальных и озерно-аллювиальных осадков свидетельствует об уравниваемости процессов аккумуляции и переноса обломочного материала.

Становление непрерывных поднятий, а затем относительно равновесное развитие рельефа Станового нагорья продолжались и в течение раннего эоплейстоцена. За весь период врез в речных долинах составил до 400 м для р. Витим и до 250 м для его боковых притоков. Они имели хорошо выработанные продольные профили, способствовавшие хорошему окатыванию и сортировке материала, крутые (до 25–30°) склоны. Продукты кор выветривания мел-палеогенового возраста были снесены в днища долин и частично рассредоточены на склонах. Неогеновые коры выветривания также подверглись разрушению. На бортах долины р. Витим формировались педименты, расположенные в настоящее время на высотах 900–1100 м. Аналогичные уровни в Чарской впадине отмечены Д.В. Лопатиным /1972/.

Максимум тектонических поднятий относится к позднему эоплейстоцену /Намолова, 1981/. В Муйской впадине в монотонном разрезе рыхлых отложений, представленных в основном песчаными и песчано-илистыми фациями, выделяется аневирканская толща, сложенная грубообломочными породами даже в центральной, наиболее удаленной от области сноса части впадины. Толща имеет региональное распространение. У бортов впадин она представлена хорошо окатанными валунными галечниками. По мере удаления от бортов впадины увеличивается окатанность материала и уменьшаются размеры обломков. Толща под довольно крутыми углами погружается в направлении к центру впадины, где она вскрыта на глубине 115–142 м и имеет мощность 27 м. Фациальные переходы отложений аневирканской толщи в поперечном сечении впадины следующие. В прибортовой части впадины распространены галечники и валунники. К центру впадины под валуно-галечным горизонтом появляются грубопереслаивающиеся крупнозернистые пески и песчано-галечно-гравийные отложения, а в центральной части – переслаивающиеся пылеватые разнозернистые пески с линзами и прослоями гравелистых грубозернистых песков с редкой галькой.

Изучение степени окатанности гальки и валунов, их петрографического и гранулометрического состава позволяет установить аллювиальный и озерно-аллювиальный генезис аневирканской толщи. Никаких признаков их ледникового происхождения нет. В речных долинах этому этапу осадконакопления коррелятны отложения древних тальвегов. Для них характерно большое количество обломочного неокатанного (23–30%), слабо- и среднеокатанного материала, крупнозернистые и гравийные пески с повышенным содержанием пелитовой фракции (15–20%). По цвету отложения резко отличаются от плиоцен-нижнеэоплейстоценовых. Они преимущественно сероцветные – от светло- до темно-серых. В спорово-пыльцевых комплексах отложений появляется пыльца холодолюбивых растений. Строение этих отложений приводит к выводу, что рельеф позднего эоплейстоцена характеризовался неуравновешенностью склонов, крутыми продольными профилями речных долин, более крутым уклоном днища Муйской впадины в связи с более интенсивными, чем в предыдущие этапы, поднятиями и ступенчатым погружением впадины. Время проявления этих процессов было более коротким, а сами они протекали более интенсивно, однако эрозийный цикл имеет признаки незавершенности. Об этом же свидетельствует и несогласное залегание вышележащей озернинской толщи на отложениях аневирканской толщи с признаками значительного перерыва в осадконакоплении.

Анализ разрезов рыхлых отложений, перекрывающих нижнеэоплейстоценовые осадки, показывает интересную закономерность. В речных долинах нижние горизонты отложений представлены плотно сцементированным мелким галечником и валунами мощностью до 3–4 м. Вверх галечники и валунники практически исчезают и сменяются столь же плотно сцементированным и уплотненным дресвяно-щебнистым материалом, переходящим к верхам разреза в илистые, песчано-илистые породы. В малых впадинах разрез представлен (снизу

вверх) пылеватыми песками, илами с включениями щебня и дресвы мощностью от 3–4 до 80 м, мелко- и среднезернистыми песками с прослоями илов и галечников. В Муйской впадине эти отложения представлены озернинской толщей. Для нее характерны пестрый фашиальный состав, наличие большого количества переотложенного материала, обогащенность растительными остатками и щебнем, невывержанность фашиальных горизонтов и колебания мощностей. Толще свойственны голубые, голубовато-серые, реже – зеленоватые илы, глины и суглинки. Они залегают в виде маломощных прослоев, линз, часто включают щебень и дресву. Минимальные мощности толщи 2–2,5 м, максимальные до 30–62 м в центральной части впадины.

Описываемым осадкам повсеместно свойственны “холодные” спорово-пыльцевые комплексы, свидетельствующие о распространении южно-тундровых ландшафтов в эпоху осадконакопления. Региональное распространение толщи, характерный комплекс пыльцы, залегание толщи на верхнеэоплейстоценовых отложениях определяют ее возраст как нижнеплейстоценовый по шкале Э.И. Равского /1972/. Накопление столь своеобразной толщи могло происходить в условиях холодного климата с интенсивно развитыми процессами физического выветривания и при затрудненном стоке в речных долинах. Можно предположить, что в нижнем плейстоцене в пределах Байкало-Патомского нагорья речные долины, и в том числе северная часть долины р. Витим, могли быть заняты ледниками, которые подпруживали Витим и его боковые притоки на Становом нагорье /Осадчий, 1981/.

Образование илистых толщ в малых впадинах обусловлено продолжавшимися неотектоническими перестройками. Малые впадины были заложены по зонам оперяющих разломов северо-восточного простирания и в ряде случаев пересекали речные долины. При этом с появлением локальных базисов эрозии и подпруживанием долин образовавшиеся понижения заполнялись озерами, часто непроточными. Коррелятными этим условиям являются мощные пачки илов. Попеременная смена непроточных бассейнов проточными обусловила накопление ритмичной толщи, где чередуются илистые пачки с песчаными, песчано-илистыми и щебнистыми.

Перерыв в осадконакоплении в Муйской впадине в начале нижнего плейстоцена, видимо, обусловлен резкой сменой водного режима рек окружающих горных поднятий и уменьшением количества поступающих во впадину наносов. С этого времени в Становом нагорье начинается длительный этап аккумуляции осадков, непрерывный разрез которых наблюдается как во впадинах, так и в речных долинах.

Нижнеплейстоценовые осадки перекрываются толщей собственно ледниковых отложений, представленных моренами зырянской и сартанской эпох. Оледенение носило горно-долинный характер и охватило наиболее высокоподнятые блоки Станового нагорья. В долину р. Витим ледники не выходили. Максимальным по площади развития было зырянское оледенение. Ледники достигали мощности 250–300 м и производили интенсивную экзарационную обработку дна и склонов троговых долин. На таких участках троговые долины практически лишены моренных образований, выпаханы до коренного ложа, а конечно-моренные валы имеют большие мощности. Таковы долины се-

верного склона Южно-Муйского хребта, обращенные к Муйской впадине. Вдоль борта впадины залегают слившиеся моренные валы с мощностью отложений до 400 м. В морены зырянского оледенения вложены морены сартанского ледника. Они хорошо различаются по составу отложений. Для зырянских морен характерно большое количество обломков из выпаханного древнего аллювия. Наряду с крупноглыбовым неокатанным материалом гальки и валуны IV-V классов окатанности составляют до 30-40% объема породы. Цвет моренных образований бурый, серовато-бурый. Сартанские морены имеют серый, светло-серый цвет, сложены крупноглыбовым, шебнистым материалом, сцементированным карбонатизированными песками и мукой трения. При размыве на моренах образуются земляные пирамиды.

Моренные отложения послужили промежуточными коллекторами для накопления песков муйской толщи. В разрезе муйских песков выделяются пять горизонтов, состав которых отражает увеличение и спад накопления осадков во впадине. Вдоль южного склона Северо-Муйского хребта следов оледенения не наблюдается. Здесь отсутствуют крупные глыбы и валуны, которые остаются при размыве моренных отложений. Ледники Северо-Муйского хребта стекали в направлении северной, более пониженной части нагорья и характеризовались в основном аккумулятивной деятельностью. Эпохам оледенения коррелятны толщи однотонных морен мощностью 70-120 м.

В речных долинах южного склона Южно-Муйского хребта наблюдается отчетливое чередование снизу вверх морен зырянского ледника, межледниковых песков и сартанских морен.

В Чарскую впадину, которая несколько меньше Муйской, ледники с Кодарского хребта выдвигались, видимо, на значительные расстояния. Крупновалунные отложения отмечены в центральной части впадины. Зырянскому оледенению коррелятна толща валуно-галечных отложений, кровля которой залегает на глубине 186 м, а мощность превышает 30 м. Периоду межледниковья соответствуют горизонты гравийно-песчаных осадков мощностью до 90 м. Сартанские ледники, имевшие меньшую протяженность, видимо, во впадину далеко не выходили. Эпохе их существования соответствует толща песчано-илистых отложений мощностью 48 м, распространенная во впадине. Вышележащие пески сформированы в постледниковый период.

В Муйскую впадину максимальный объем моренного материала поступал с Южно-Муйского хребта, в Чарскую - с Кодарского хребта, морфоструктур наиболее мобильных и высокоподнятых. Северо-Муйский и Удоканский хребты, по-видимому, были охвачены оледенением в гораздо меньшей степени.

Разрез ледниковых отложений венчается горизонтом аллювиальных образований мощностью 3-4 м, что особенно четко устанавливается для Южно-Муйского хребта. Он знаменовал собой заключительный этап аккумуляции осадков и начало эрозионного вреза. Представлен горизонт валуно-галечными отложениями с серым и светло-серым песчано-гравийным заполнителем. Для Станового нагорья уровень аккумулятивного заполнения соответствует высотам от 1050 до 1150 м. Этот региональный геоморфологический уровень

особенно хорошо сохранился в речных долинах. Возможно, ему соответствует уровень 1050–1060 м, сформированный в котловине оз. Леприндо до его соединения с бассейном р. Чары.

В конце верхнего плейстоцена – начале голоцена в нагорье начался этап длительного эрозионного вреза, продолжающийся и до настоящего времени. Обусловил его ряд факторов: оживление тектонических воздыманий; образование малых впадин, обусловивших появление локальных базисов эрозии; потепление климата и деградация ледников. Длительное время происходил размыв и переотложение во впадинах осадков, коррелятных ледниковому периоду и более ранним этапам. Рыхлыми отложениями, коррелятными современным условиям развития рельефа, являются в речных долинах русловые грубообломочные фаши, отражающие стадию эрозионного вреза и тектоническое состояние региона, сейсмогенные обвальные фаши.

Таким образом, для тектонически активной области Станового нагорья прямой корреляции поверхностей выравнивания с корами выветривания не устанавливается в силу коренных изменений характера рельефа в кайнозое и создания новых морфоструктур. Вместе с тем унаследованными от мел-палеогенового этапа являются выровненные поверхности водоразделов, хотя и лишенные древних кор выветривания. В неогене они послужили исходной поверхностью, на которой формировались коры выветривания гидрослюдистого состава. В современном рельефе эти поверхности сохранились в сильно сокращенном виде, вследствие интенсивного эрозионного расчленения и экзарационной деятельности ледников. В районах, где оледенение занимало большие площади, они практически уничтожены и заменены островершинными альпинотипными формами.

Подготовительным к созданию современных морфоструктур явился миоценовый этап, когда образовались пологие поднятия и прогибы. Этому этапу коррелятны мощные толщи аккумулятивных образований во впадинах, сложенные тонкообломочным материалом.

Плиоцен-зоплейстоценовому этапу коррелятны грубообломочные отложения во впадинах и речных долинах, отражающие нарастание тектонической активизации, дифференциацию территории на блоки и интенсивный эрозионный врез. Максимум проявлений этих процессов, как мы предполагаем, имел место в верхнем зоплейстоцене.

Осадки нижнего и верхнего плейстоцена свидетельствуют о тектонических поднятиях хребтов, но более медленных, чем в зоплейстоцене. Рельеф находился в стадии консервации. Новообразованными элементами его явились малые впадины северо-восточного и северо-западного простирания, обусловившие появление локальных базисов эрозии, и формы ледниковой экзарации.

В верхнем плейстоцене – голоцене завершение длительного этапа аккумуляции и начало эрозионного вреза фиксируются горизонтом валунного и крупногалечного аллювия. Начало его накопления в Становом нагорье совпало с процессами эрозионного вреза, размыва ранее сформированных толщ на фоне общих тектонических поднятий. Эрозионный врез затронул и днище Муйской впадины, особенно ее левобережную часть. Из-под толщ аккумулятивных осадков постепенно обнажается рельеф зоплейстоценового этапа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящая работа – вклад в изучение сложной проблемы теоретической геоморфологии – связей геологических и геоморфологических явлений и событий. Особая важность геоморфологической корреляции подчеркнута недавно И.П. Герасимовым /1983/ в связи с обсуждением теоретических оснований современной геоморфологии на Новосибирском пленуме Геоморфологической комиссии АН СССР в 1983 г.

Несомненно, выявление структурных и генетических связей в естественной системе "рельеф – геологические тела" составляет основу геоморфологической корреляции. Она наполняет геоморфологические исследования особым содержанием, обеспечивая полноту морфологических, генетических и возрастных характеристик рельефа земной поверхности.

Проблема изучения взаимосвязей в паре "рельеф – геологические тела" с геоморфологической точки зрения имеет двойственный характер. Во-первых, это выявление коррелятивных связей между формами рельефа и геологическими телами. В генетическом плане основу коррелятивных отношений составляет то, что формы рельефа и геологические тела формируются одновременно и за счет одних и тех же или взаимообусловленных процессов. Во-вторых, формы рельефа и геологические тела могут иметь конформные отношения, важнейшим признаком которых является пространственная совмещенность этих двух элементов природной системы. Конформность, видимо, не обязательно требует образования форм рельефа и геологических тел одновременно и одними и теми же процессами. Здесь в геоморфогенезе часто существенное значение приобретают последующие перемещения геологических тел, не меняющие их структуры и вещественного состава. В этом заключаются главные различия в явлениях коррелятивности и конформности между рельефом и геологическими телами, определяющие необходимость строгого методологического обособления соответствующих геоморфологических понятий.

Понятие о коррелятивных отложениях в геоморфологии имеет двойственное положение. С одной стороны, оно пронизывает практически любые геоморфологические исследования, обеспечивая эффективное использование в них большей части необходимой геологической информации. С другой – оно почти не изучено теоретически, поэтому в методологическом и методическом отношении разработанность геоморфологической корреляции рельефа и геологических тел недостаточна.

Укажем еще раз на сквозной характер понятия о коррелятивных отложениях в понятийной системе геоморфологии. Это видно и из содержания настоящей книги. Практически число производных из него понятий невелико и относится лишь к характеристике специализированной классификации коррелятивных геологических тел по отношению их к формам рельефа. Во всех прочих случаях оказывается достаточно удобным использование геологических понятий и обозначающих их терминов.

Понятие о коррелятивных отложениях обеспечивает обмен информацией между геоморфологией и геологией. Целесообразность этого обмена очевидна и делает столь же очевидной необходимость его всестороннего анализа.

ЛИТЕРАТУРА

- гафонов Б.П. Ветровой снос в Байкальской впадине. - В кн.: Природа Байкала. Л.: изд. Геогр. о-ва 1974, с. 58-68.
- гафонов Б.П. Сели в Байкальской впадине (типизация, распространение, прогноз и влияние на Байкал). - Водные ресурсы, 1975, № 3, с. 95-109.
- гафонов Б.П. К прогнозированию экзогенных рельефообразующих процессов. В кн.: Проблемы прогностических исследований природных явлений. Новосибирск: Наука, 1979, с. 92-100.
- гафонов Б.П. Подводный морфолитогенез в Байкальской впадине. - В кн.: Рельеф и четвертичные отложения Станового нагорья. - М.: Наука, 1981, с. 56-77.
- гафонов Б.П. Своеобразие литодинамики и проблема возраста Байкала. - В кн.: Позднекайнозойская история озер в СССР. Новосибирск: Наука, 1982а, с. 23-30.
- гафонов Б.П. Прерывистая денудация. - Геол. и геофиз., 1982б, № 9, с. 119-122.
- даменко О.М., Белова В.А., Попова С.М. и др. Биостратиграфия верхнеплейстоценовых отложений Тункинской впадины. - Геол. и геофиз., 1975, № 6, с. 78-85.
- жаменова О.И. Закономерности движения рыхлого материала на лесостепных склонах в Назаровской впадине. - В кн.: Географические исследования восточных районов СССР. Иркутск: изд. Ин-та географии Сибири и ДВ СО АН СССР, 1981, с. 13-14.
- яшенина Н.В. О роли ледникового покрова в формировании рельефа Патомского нагорья и Восточного Забайкалья. - Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1960, № 2, с. 109-117.
- илибин Ю.А. Основы геологии россыпей. - М.: Изд-во АН СССР, 1956. - 463 с.
- орсук О.А. Анализ щебнистых отложений и галечников при геоморфологических исследованиях. - М.: Изд-во Московск. ун-та, 1973. - 112 с.
- уда М.Д. О геологических условиях формирования селей Прибайкалья. - В кн.: Материалы по инженерной геологии Сибири и Дальнего Востока. Иркутск - Москва: изд. Ин-та земной коры СО АН СССР, 1964, с. 77-91.
- утаков Г.Н., Дедков А.И. Зависимость окатанности крупнообломочного материала от величины обломков. - В кн.: Геоморфологический сборник. Казань: изд. Казанск. ун-та, 1966, с. 35-37.
- истеллиус А.Б. Морфометрия обломочных частиц. - В кн.: Труды лаборатории аэрометодов. Т. IX. М.: Изд-во АН СССР, 1960, с. 135-202.
- ологодский Г.П. Карст Иркутского амфитеатра. - М.: Наука, 1975. - 123 с.
- алицкий В.И. О классификации рельефа Земли и некоторых вопросах терминологии. - Геоморфология, 1974, № 1, с. 38-44.

- Галкин В.И. К вопросу о характере оледенения на побережье оз. Байкал. - В кн.: Материалы по геологии мезо-кайнозойских отложений Восточной Сибири. Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1961, с. 50-59.
- Галкин В.И. Снос обломочного материала селевыми потоками в озеро Байкал. - В кн.: Донные отложения Байкала. М.: Наука, 1970, с. 16-28.
- Гвоздецкий Н.А. Карстовые явления в Приангарье. - Уч. зап. Московск. ун-та. География, 1952, т. V, вып. 160, с. 151-167.
- Гвоздецкий Н.А. Проблемы изучения карста и практика. - М.: Мысль, 1972. - 391 с.
- География атоллов юго-западной части Тихого океана /А.Г. Воронов, Г.М. Игнатьев, О.К. Леонтьев и др. - М.: Наука, 1973. - 142 с.
- Геоморфологические исследования. - М.: Изд-во Московск. ун-та, 1955. - 275 с.
- Герасимов И.П. Современные рельефообразующие процессы. Уровень научного познания, новые задачи и методы исследования. - В кн.: Современные экзогенные процессы рельефообразования. М.: Наука, 1970, с. 7-14.
- Герасимов И.П. Современное состояние и перспективы развития общей теории советской геоморфологии. - Геоморфология, 1983, № 4, с. 3-14.
- Голдырев Г.С. Осадкообразование и четвертичная история котловины Байкала. - Новосибирск: Наука, 1982. - 182 с.
- Голдырев Г.С., Белова В.А., Выхристюк Л.А. и др. Новые данные о составе и возрасте верхней части осадочной толщи котловины Байкала. - В кн.: Проблемы рифтогенеза. Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1975, с. 43-44.
- Голдырев Г.С., Выхристюк Л.А., Лазо Ф.И., Шимараева М.К. Особенности состава и строения верхней части осадочной толщи в котловине Байкала. - В кн.: История озер СССР. Ч. 2. Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1979, с. 37-42.
- Голубев В.А. Геотермия Байкала. - Новосибирск: Наука, 1982. - 150 с.
- Грчев А.Ф. Новейшая тектоника Байкальской рифтовой зоны. - Уч. зап. Ленингр. ун-та, 1978, № 394, с. 37-62.
- Дэвис М.М. Геоморфологические очерки. - М.: ИЛ, 1962. - 455 с.
- Ендрихинский А.С. Четвертичные отложения. - В кн.: Путоранская озерная провинция. Новосибирск: Наука, 1975, с. 98-114.
- Заморуев В.В. Четвертичное оледенение Южного Прибайкалья и Забайкалья. Автореф. канд. дис. - Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1967. - 28 с.
- Золотарев А.Г. Стратиграфия и палеогеоморфологические условия формирования плиоцен-четвертичных отложений центральной части Байкало-Патомского нагорья. - Новосибирск: Наука, 1974. - 118 с.
- Ивановский Л.Н. Значение палеогеографического метода для оценки селевой опасности долин северного склона хребта Хамар-Дабана. - В кн.: Закономерности и прогнозирование природных явлений. М.: Наука, 1980, с. 95-105.
- Кавеев М.С. Продолжительность существования и возобновляемость карстовых провалов (на примерах исследования в Среднем Поволжье). - В кн.: Гидрогеология и инженерная геология Среднего Поволжья. Казань: изд. Геол. ин-та Мингео СССР 1967, с. 149-155.
- Казакевич Ю.П., Ревердатто М.В. Ленский золотоносный район. - М.: Недра, 1972. - 149 с.
- Кайе А., Трикар Ж. Проблема классификации геоморфологических явлений. - В кн.: Вопросы климатической и структурной геоморфологии. М.: ИЛ, 1959, с. 32-66.
- Карташов И.П. Основные закономерности геологической деятельности рек горных стран. - М.: Наука, 1972. - 184 с.
- Конюхов А.И., Соколов Б.А. Парадокс глубоководного диагенеза. - Докл. АН СССР, 1975, т. 224, № 4, с. 914-917.

- Короткий А.М. Корреляция современного рельефа и осадков для целей палеогеоморфологии. – Владивосток: изд. ДВТИ ДВФ СО АН СССР, 1970. – 165 с.
- Кухаренко А.А. Количественный анализ формы галек из древнего аллювия р. Койвы. – Сов. геология, 1947, сб. 18, с. 146–155.
- Ламакин В.В. Динамические фазы речных долин и аллювиальных отложений. – В кн.: Землеведение. Т. 2. М.: Изд-во МОИП, 1948, с. 154–187.
- Ламакин В.В. Танхойский берег Байкала. – В кн.: Географический сборник. Вып. 10. Геоморфология и палеогеография. М.: Изд-во АН СССР, 1958, с. 72–107.
- Лапин С.С. О генезисе экзотических валунов в центре покровного оледенения Витимо–Патомского нагорья. М.: Госгеолтехиздат, 1958, с. 65–83.
- Леонтьев О.К. Рельефообразующая деятельность донных течений в абиссальной зоне океана. – Геоморфология, 1977, № 2, с. 3–15.
- Личков Б.Л. О так называемых доюрских пенепленах Тянь-Шаня и Памиро-Алтая. – В кн.: Географический сборник. Кн. 1. Геоморфология и палеогеография. М.–Л.: изд. Геогр. о-ва СССР, 1952, с. 108–117.
- Логачев Н.А. Саяно-Байкальское станное нагорье. – В кн.: Нагорья Прибайкалья и Забайкалья. М.: Наука, 1974, с. 16–162.
- Лопатин Д.В. Геоморфология восточной части Байкальской рифтовой зоны. – Новосибирск: Наука, 1972. – 114 с.
- Лукин В.С. Провальные явления на Урале и в Предуралье. – В кн.: Гидрогеологический сборник. Свердловск: изд. Ин-та геологии УФ АН СССР, 1964, с. 133–160.
- Лукин В.С., Ежов Ю.А. Карст и строительство в районе Кунгура. – Пермь: Пермское кн. изд-во, 1975. – 120 с.
- Лунгерсгаузен Г.Ф. Основные черты орографии Забайкалья в верхнепоздне-мезозойское время. – В кн.: Вопросы региональной геологии СССР. М.: Недра, 1971, с. 34–41.
- Максимович Г.А. Основы карстоведения. Т. 1. – Пермь: Пермское кн. изд-во, 1963. – 444 с.
- Малаева Е.М., Уфимцев Г.Ф. Древний аллювий района среднего течения р. Онон (Забайкалье). – Геол. и геофиз., 1976, № 2, с. 90–97.
- Марков К.К. Основные проблемы геоморфологии. – М.: ОГИЗ, 1948. – 343 с.
- Мейстер А.К. К вопросу о происхождении рельефа в Олекминско-Витимской горной стране. – Геологический вестник, 1918, т. 3, № 1–6, с. 98–101.
- Мешеряков Ю.А. Рельеф и современная геодинамика. – М.: Наука, 1981. – 277 с.
- Мизандронцев И.Б., Шимараева М.К. Донные отложения Байкала как естественная пористая среда. – В кн.: Геологические и гидрологические исследования озер Средней Сибири. Листвничное-на-Байкале: изд. Лимнол. ин-та СО АН СССР, 1973, с. 3–14.
- Миляева Л.С. О соотношении во времени процессов формирования поверхности выравнивания, коры выветривания и накопления отложений во впадинах. – В кн.: Проблемы геоморфологии и четвертичной геологии Северной Азии. Новосибирск: Наука, 1976, с. 32–35.
- Мирчинк С.Г. К стратиграфии четвертичных отложений в долине рек Витима и Бодайбо. – Труды ЦНИГРИ, 1960, вып. 30, с. 88–117.
- Намолова М.М. Новейшая тектоника, золотоносные россыпи и история формирования рельефа центральной части Станового нагорья. – В кн.: Рельеф и четвертичные отложения Станового нагорья. М.: Наука, 1981, с. 36–56.

- Николаев Н.И. Опыт построения генетической классификации экзогенных физико-геологических процессов. - В кн.: Труды Комиссии по изучению четвертичного периода. Т. VII. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1948, с. 3-13.
- Новоселова М.Р. Поверхностная и глубинная структура земной коры северо-восточной части Байкальской рифтовой зоны по геофизическим данным. - В кн.: Сейсмотектоника, глубинное строение и сейсмичность северо-востока Байкальской рифтовой зоны. Новосибирск: Наука, 1975, с. 28-39.
- Обручев В.А. Ледники или грязевые потоки в Олекминско-Витимской горной стране. - Геологический вестник, 1916, т. 5-6, с. 46-52.
- Общая стратиграфия (терминологический справочник) / Под ред. Ю.А. Косыгина, Ю.С. Салина, Р.Ф. Черкасова. - Хабаровск: Хабаровское кн. изд-во, 1979. - 842 с.
- Осадчий С.С. Региональный геоморфологический уровень в системе Муйских впадин и его тектоническая интерпретация. - Геоморфология, 1981, № 2, с. 84-91.
- Павловский Е.В. О четвертичном оледенении Южного Прибайкалья. - Изв. АН СССР. Сер. геол., 1948, № 5, с. 156-160.
- Пальшин Г.Б. Кайнозойские отложения и оползни юго-восточного побережья Байкала. - М.: Изд-во АН СССР, 1955. - 203 с.
- Пармузин Ю.П. Имитация древнеледниковых форм современными рельефообразующими процессами в тундролесьях Сибири. - Изв. вузов. Геология и разведка, 1973, № 6, с. 13-23.
- Печеркин А.И., Болотов Г.Б. Геодинамика рельефа карстующихся массивов. - Пермь: изд. Пермск. ун-та, 1983. - 84 с.
- Пилипенко П.П. О дилuviальном оледенении Южного Прибайкалья. - Землеведение, 1934, т. XXXVI, вып. 4, с. 321-373.
- Пискунов Б.Н. Морфологический анализ обломков морского и аллювиального происхождения. - Докл. АН СССР, 1967, т. 176, № 4, с. 906-909.
- Прока В.Е. Естественная ритмика рельефообразующих процессов и региональные планы преобразования природной среды. - В кн.: Климат, рельеф и деятельность человека. Ч. 1. Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 1978, с. 108-109.
- Проходский С.И. Проблемные вопросы исторической геоморфологии. Автореф. докт. дис. - М.: Изд-во Московск. ун-та, 1974. - 32 с.
- Равский Е.И. Осадконакопление и климаты Внутренней Азии в антропогене. - М.: Наука, 1972. - 336 с.
- Разумихин Н.В. Экспериментальные исследования эволюции окатанности обломков горных пород. - Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1965. - 66 с.
- Рашба И.Н., Салюкова Р.И. Геоморфологические процессы и преобразование рельефа. - В кн.: Геосистемы предгорий Западного Саяна. Новосибирск: Наука, 1979, с. 134-155.
- Рухина Е.В. Округленность галек в современном аллювии р. Лабы. - В кн.: Уч. зап. Ленингр. ун-та. Сер. геол., 1950, вып. 1, с. 91-101.
- Серебрянная Т.А. Опыт количественной оценки темпов эрозионных процессов на территории Среднерусской возвышенности. - В кн.: Климат, рельеф и деятельность человека. М.: Наука, 1981, с. 163-170.
- Сигов А.П. Оценка расстояния, пройденного галькой, по ее окатанности. - Бюл. Комиссии по изучению четвертичного периода СССР, 1947, № 9, с. 48-59.
- Симонов Ю.Г. Теория геоморфологии (состояние и тенденции развития). - Вестник Московск. ун-та. География, 1982, № 4, с. 22-28.

- Синюгина Е.Я. О четвертичных отложениях бассейна р. Бодайбо. — Труды ЦНИГРИ, 1960, вып. 300, с. 58–87.
- Соколов Д.С. Основные условия развития карста. — М.: Госгеолтехиздат, 1962. — 320 с.
- Солоненко В.П., Тресков А.А. Среднебайкальское землетрясение 29 августа 1959 г. — Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1960. — 36 с.
- Солоненко В.П. Сейсмотектоника и современное структурное развитие Байкальской рифтовой зоны. — В кн.: Байкальский рифт. М.: Наука, 1968, с. 57–72.
- Спиридонов А.И. Основы общей методики полевых геоморфологических исследований и геоморфологического картографирования. — М.: Высшая школа, 1970. — 456 с.
- Ступишин А.В. Равнинный карст и закономерности его развития на примере Среднего Поволжья. — Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 1967. — 291 с.
- Ступишин А.В., Тимофеев Д.А. Современные экзогенные процессы в различных климатических условиях. — В кн.: Климат, рельеф и деятельность человека. М.: Наука, 1981, с. 3–12.
- Тимофеев Д.А., Уфимцев Г.Ф., Онухов Ф.С. Терминология общей геоморфологии. — М.: Наука, 1977. — 199 с.
- Титова З.А. Твердая поверхность и ее преобразование. — В кн.: Топология степных геосистем. Л.: Наука, 1970, с. 45–57.
- Титова З.А. Динамика современных экзогенных процессов. — В кн.: Изучение геосистем во времени. Новосибирск: Наука, 1976, с. 49–75.
- Титова З.А. Эоловые процессы и перемещение вещества на склонах. — В кн.: Вещество и энергия в естественных и преобразуемых геосистемах. Иркутск: изд. Ин-та географии Сибири и ДВ СО АН СССР, 1978, с. 94–103.
- Тищенко Е.И. Зависимость уплощенности обломков горных пород от их окатанности и размера. — В кн.: Региональная и прикладная геоморфология Приамурья. Хабаровск: изд. Хабаровского комплексного НИИ ДВНЦ АН СССР, 1977, с. 81–93.
- Тищенко Е.И. Некоторые вопросы истории позднечетвертичного осадконакопления в пределах Байкало-Патомского нагорья. — В кн.: Поздний плейстоцен и голоцен юга Восточной Сибири. Новосибирск: Наука, 1982, с. 70–84.
- Усольцев Л.Н. Классификация карстовых провальных явлений на примерах Урала и Приамурья. — В кн.: Материалы восьмого Всеуральского совещания по вопросам географии, охраны природы и природопользования. Геоморфология, геология. Уфа, 1973, с. 107–110.
- Уфимцев Г.Ф. Аллювий долин рек Акши и Урея. — Изв. Забайкальского филиала Геогр. о-ва СССР, 1971, т. VII, вып. 2, с. 28–35.
- Уфимцев Г.Ф. Карта вершинной поверхности Дальнего Востока и ее неотектоническая интерпретация. — В кн.: Геоморфология и неотектоника горных областей Дальнего Востока. Владивосток: изд. ДВНЦ АН СССР, 1977, с. 21–45.
- Флоренсов Н.А. Мезозойские и кайнозойские впадины Прибайкалья. — М.: Изд-во АН СССР, 1960. — 259 с.
- Флоренсов Н.А. Байкальская рифтовая зона и некоторые задачи ее изучения. В кн.: Байкальский рифт. М.: Наука, 1968, с. 40–56.
- Флоренсов Н.А. Рифты Байкальской горной области, проблемы строения земной коры и верхней мантии. — В кн.: Верхняя мантия. Вып. 7. М.: Наука, 1970, с. 18–25.
- Флоренсов Н.А. Некоторые аспекты понятия "возраст рельефа". — Геоморфология, 1976, № 1, с. 13–21.

Флоренсов Н.А. Очерки структурной геоморфологии. - М.: Наука, 1978. - 237 с.

Хабаков А.В. Об индексах окатанности галечников. - Сов. геология, 1946, № 10, с. 98-99.

Худяков Г.И. Общие принципы выделения комплексов горных пород, конформных и коррелятных морфоструктурам. - В кн.: Структурно-геоморфологические исследования в Сибири и на Дальнем Востоке. М.: Наука, 1975, с. 56-65.

Цыкин Р.А. Геологические аспекты карстоведения. - Геол. и разведка, 1981, № 9, с. 62-67.

Цыкин Р.А., Цыкина Ж.Л. Карст восточной части Алтае-Саянской складчатой области. - Новосибирск: Наука, 1978. - 103 с.

Шанцер Е.В. К учению о фациях континентальных осадочных образований. - Бюл. Комиссии по изучению четвертичного периода СССР, 1948, № 13, с. 5-20.

Шанцер Е.В. Очерки учения о генетических типах континентальных осадочных образований. - М.: Наука, 1966. - 240 с.

Шепард Ф.П. Морская геология. - Л.: Недра, 1969. - 461 с.

Шнитников А.В. Изменчивость общей увлажненности материков северного полушария. - М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1957. - 337 с.

Шербаков Ф.А., Поляков А.С., Шимкус К.М., Куприн П.Н. О некоторых физико-механических свойствах отложений континентального склона Черного моря. - Океанология, 1976, т. 16, вып. 5, с. 851-853.

Якуч Л. Морфогенез карстовых областей. Варианты эволюции карста. - М.: Прогресс, 1979. - 386 с.

Cailleux A. Morphoskopische Eigenschaften der Gero und Sandkörner und ihre Bedeutung für die Paläoklimatologie. - Geol. Rundschau, 1952, 1, 40, S. 11-19.

Dasgupta Sujit. Effect of different physical parameters on roundness. - J. Geol. Soc. India, 1977, 18, N 6, p. 295-297.

Kuener Ph. H. Experimental abrasion of pebbles. Wet sand blastig. - Zeitsch. geol. meded., 1956, bd. 20, p. 131-137.

Pettijohn F.J. Sedimentary rocks. Harper, New York, 1957. 718 p.

Sneed E.D., Folk R.L. Pebbles in the lower Colorado River, Texas; a study in particle morphology. - J. Geol., 1958, v. 66, p. 114-160.

Spalletti Luis A. The axial ratio c/b as an indicator of shape selective transportation. - J. Sediment. Petrol., 1976, v. 46, N 1, p. 243-248.

Tricart J. Zagadnienia geomorfolgiezne. Warszawa, 1960. 234 p.

Valeton I. Beziehungen zwischen petrographischer Beschaffenheit, Cestat und Rundungsgrad einiger Flu gerolle. - Peterm. Geograph., Mitteil, 1955, N 1, S. 13-17.

Проблема корреляции рельефа и геологических тел (Н.А. Флоренсов)	3
Коррелятные отложения: определение понятия и принципы выделения (Г.Ф. Уфимцев)	6
Вводные замечания	-
Анализ существующих понятий	8
Принципы и правила выделения коррелятных отложений	10
Типы коррелятных отложений	13
Строение коррелятных отложений	14
Интерпретация разрезов коррелятных отложений	17
Специализированные модели коррелятных отложений	19
Анализ рыхлых отложений при изучении современных экзогенных рельефообразующих процессов (Л.Н. Ивановский)	21
Понятие о современных экзогенных процессах рельефообразования	22
Основные факторы развития современных экзогенных процессов рельефообразования	24
Учение о генетических типах отложений - геологическая основа реконструкции истории современных экзогенных процессов рельефообразования	26
Коррелятные отложения и оценка возраста и интенсивности экзогенного процесса	28
Временная неоднородность и разномасштабность экзогенных процессов	30
Направление дальнейших исследований современных экзогенных процессов	33
Геоморфологическая информация в структуре рыхлых отложений (Б.П. Агафонов)	33
Пробелы и разночтения информации в субаэральных отложениях	-
Своеобразие литодинамики и явление прерывистой аккумуляции в подводных условиях	35
Подводные сели и расслоение глубоководных отложений	40
Латеральная изменчивость информации	45
Изучение морфологии обломков для палеогеоморфологических реконструкций (Е.И. Тищенко)	48
Исходные понятия и методика исследований	-
Эволюция морфологии частиц в подвижных средах	49
Примеры анализа коррелятных отложений и палеогеоморфологических реконструкций	54
Коррелятные отложения карста (А.Г. Филиппов)	64
Голый карст	65
Задернованный карст	67
Покрытый карст	71
Бронированный карст	75
Отраженный карст	77
Польный карст	78
Водоносный карст	79
Кольматированный карст	-
Особенности коррелятных и захороняющих образований карста	80
Коррелятивные связи рельефа с рыхлыми отложениями во внутриматериковом орогене (Становое нагорье) (М.М. Намолова, С.В. Садовский)	82
Заключение (Г.Ф. Уфимцев)	89
Литература	90

*Николай Александрович Флоренсов
Борис Прохорович Агафонов
Лев Николаевич Ивановский и др.*

КОРРЕЛЯТНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ
В ГЕОМОРФОЛОГИИ

Утверждено к печати
Институтом земной коры СО АН СССР

Редактор издательства *Е. Г. Макеевко*
Художественный редактор *М. Ф. Глазырина*
Художник *Н. А. Пискун*
Технический редактор *Н. М. Остроумова*
Корректор *Н. В. Лисина*

ИБ № 30034

Сдано в набор 27.06.85. Подписано в печать 30.10.85. МН-01603. Формат 60×90¹/₁₆.
Бумага офсетная. Офсетная печать. Усл. печ. л. 6. Усл. кр.-отг. 6,4. Уч.-изд. л. 8.
Тираж 800 экз. Заказ № 907. Цена 1 р. 20 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Наука»,
Сибирское отделение. 630099, Новосибирск, 99, Советская, 18.
4-я типография издательства «Наука».
630077, Новосибирск, 77, Станиславского, 25.

1 p. 20 к.

4573