

УДК 551.4.011

© 2001 г.

А.Р. АГАТОВА

ОБЩЕГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ В ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОМ ИССЛЕДОВАНИИ

Геоморфологический анализ включает в себя большое количество разнообразных методов, изучающих взаимосвязь рельефа с геологическим строением, неотектоническими движениями, климатом, коррелятными рыхлыми отложениями, современными экзогенными процессами. Комплексное использование этих методов дает возможность подойти к изучению рельефа с позиции системного подхода, суть которого – определение свойств целого через взаимодействие его частей. Однако сложность природных объектов, их малая доступность, неодинаковые условия наблюдения нередко обуславливают расхождения в результатах, полученных различными исследователями. Зачастую эти расхождения определяются выбором неадекватного метода исследования либо его неверным использованием. Исправить такую ситуацию возможно только усилением внимания к методике исследований. Для наиболее оптимального выбора и корректного применения того или иного метода необходимо иметь четкое представление о принципах, лежащих в его основе.

По содержанию научные принципы можно разделить на общеметодологические, лежащие в основе любого исследования, и общегеологические, применимые к различным наукам о Земле, в том числе и к геоморфологии. Отдельно выделяют операционные принципы, которые, как правило, представляют собой необходимые условия процедуры картографирования и отличаются от общих принципов тем, что не формулируют предметное понятие, а содержат указание на то, как должно быть и как следует поступать в том или ином случае [1]. В данной статье основное внимание будет уделено общегеологическим принципам и особенностям их использования в геоморфологических исследованиях.

К общегеологическим принципам относятся положения, составляющие основу большинства разделов геологии: тектоники, стратиграфии, палеонтологии и т.д. Существует целый ряд методических изданий [1–3], раскрывающих суть этих исходных положений и область их применения в этих дисциплинах. Ни один из этих принципов не был сформулирован в результате именно геоморфологических исследований, однако многочисленные фактические данные подтверждают, что они верны и для геоморфологии, и именно на них базируются все современные геоморфологические методы. В процессе изучения конкретного участка земной поверхности у автора этой статьи возникла необходимость более четко определить области использования основных общегеологических правил в геоморфологическом исследовании. Несмотря на то, что нижеследующие выводы были получены при анализе рельефа высокогорного района Алтая, они принципиально верны для любого типа земной поверхности.

К общеметодологическим принципам, которые являются базовыми не только в геологии и ее разделах, но и во всех исторических науках, относится *принцип актуализма*. Идеи, лежащие в основе принципа актуализма, берут свое начало от Дж. Геттона, однако его общепризнанным автором является Ч. Лайель. Ему принадлежит первоначальная формулировка этого принципа, данная в труде "Принципы

геологии": "Силы, ныне действующие как на земной поверхности, так и под нею, могут быть тождественны по роду и степени с теми, которые в отдаленные эпохи производили геологические изменения" (цитата по [4]). Его суть заключается в том, что познание настоящего помогает уяснить прошлое и потенциальное будущее. В то же время и прошлое помогает в какой-то мере уяснить настоящее. Ныне действующие силы могут быть использованы для объяснений явлений прошлого, хотя из определения принципа не следует, что только они могут использоваться для этой цели, так как Ч. Лайель не отрицал частные геологические катастрофы. Принцип Ч. Лайеля лежит в основе актуалистического (сравнительно-исторического) метода, широко используемого в исторических исследованиях.

Однако многочисленные данные свидетельствуют об изменчивости во времени источников энергии, определяющих проявление экзогенных процессов: солнечного излучения, гравитационных и ротационных сил, теплового, газового, радиационного потоков из земных глубин. Признание принципиальных качественных различий части или всех экзогенных процессов прошлого по сравнению с ныне наблюдаемыми накладывает ограничения на использование актуалистического метода в геоморфологии [5]. В результате анализа, предпринятого рядом исследователей [6–8], были получены выводы, что на протяжении последних 150–200 млн. лет принципиальных различий в природных процессах не было. Поэтому "происходящее сейчас может быть использовано для объяснения сходных явлений и образований, осуществленных или зафиксированных в течение кайнозойского и почти всего мезозойского времени". По мнению большинства ученых, это "время проявления единого альпийского мега-цикла рельефо- и покровообразования, этап развития Земли с однотипным составом атмосферы, близким составом растительного и почвенного покровов, сходными соотношениями материковых и океанических масс при ином их пространственном распределении" [9, с. 20].

На примере горного района Алтая был рассмотрен этап рельефообразования, включающий формирование всех наблюдаемых в настоящий момент элементов рельефа. Отсчет этого этапа ведется с начала деформации последней регионально развитой поверхности выравнивания, то есть охватывает почти весь кайнозой. Но даже внутри кайнозоя своей неповторимостью выделяется плейстоценовый период, в течение которого произошла резкая смена климата. Характерной чертой плейстоцена является активное участие в осадконакоплении и рельефообразовании криогенных и ледниковых процессов. Таким образом, в рамках интересующего нас интервала времени принцип актуализма имеет довольно ограниченное применение. Он был использован, например, для реконструкции таких многократных в плейстоцене явлений как оледенения: помимо современных ледников долины многих горных районов сохранили следы древних оледенений. От последнего из них современное оледенение отличается лишь размерами, и, несмотря на значительное сокращение, большинство современных ледников сохранило все признаки гляциальной системы. Являясь реликтами огромных ледников позднеплейстоценового оледенения, они представляют собой их уменьшенные копии. Не изменился и характер оледенения – среди крупных ледников преобладают ледники долинного типа. Поэтому в палеогляциологических реконструкциях вполне закономерно использование знаний о развитии современных ледниковых систем для построения моделей древнего оледенения (естественно, с учетом особенностей оледенения каждой эпохи). Кроме того, в современном оледенении Земли до сих пор имеются аналоги всех типов оледенений, существовавших ранее, что помогает реконструировать оледенение для тех районов, где его тип изменился по сравнению с прошлым.

Принцип необратимости геологической эволюции, один из наиболее общих, вытекает из диалектического закона развития – закона отрицания отрицания, сформулированного К. Марксом в следующих словах: "Ни в одной области не может происходить развитие, не отрицающее своих прежних форм существования" (цитата по [3]). И даже повторение пройденных уже ступеней развития – это не буквальный возврат

к старому, так как вновь созданное часто имеет только формальное сходство со старым. Положение о необратимости процесса развития в биологии впервые было высказано Ч. Дарвином в его известном труде "Происхождение видов" в 1859 году. Несколько позднее оформилась идея о необратимости эволюции Земли и ее геосфер, включая литосферу и ее поверхность. Аналитическая геоморфологическая карта, отражающая не результаты мысленных обобщений и выводы, а реально существующие в природе объекты, во всей полноте демонстрирует все стадии развития рельефа – от возникновения одних его граней за счет разрушения существовавших ранее, до почти полного уничтожения других поверхностями последующего образования. Так, несмотря на цикличность явления, каждое следующее оледенение кроме того, что может отличаться от предыдущего по причинам возникновения, силе и площади распространения, каждый раз накладывается на уже измененный предыдущим оледенением и процессами межледниковья рельеф. Оно происходит в отличной от предыдущего оледенения геоморфологической обстановке и формирует новые грани в рельефе, не повторяя в точности старые. Это позволяет различать поверхности одного происхождения, но разного возраста; и наряду с принципом актуализма принцип необратимости геологической эволюции лежит в основе создания палеореконструкций, или палеогеоморфологического метода, призванного восстановить стадии развития рельефа.

Принцип литодинамической сукцессии (в стратиграфии – принцип палеонтологической сукцессии Жиро-Сулави – В. Смита) может рассматриваться как производный от более общего принципа необратимости геологической эволюции. В геоморфологии последовательная смена ведущих экзогенных процессов в пространстве-времени, создающих характерные именно для этих процессов формы рельефа, названа Л.Н. Ивановским "литодинамической сукцессией" [10]. Необратимость процессов развития в неорганическом мире обнаруживается значительно труднее, чем в животном мире, однако сравнение современного рельефа с палеорельефом дает основания предполагать последовательную смену условий, в которых каждый раз формируется новая земная поверхность, никогда не повторяющая в точности старую. Современный рельеф Алтая, состоящий из множества граней, образованных действием сменяющих друг друга процессов, отражает последовательное развитие земной поверхности с момента деформации последней поверхности выравнивания. Применение принципа литодинамической сукцессии на практике позволяет определять возраст элементов рельефа по их соотношению друг с другом в разных частях обширной территории, имеющей, однако, единое происхождение. Установив сходство в последовательности образования граней или форм рельефа в одной ее части с последовательностью уже известных датированных граней или форм в другой части этой территории, мы вправе считать эти две последовательности разновозрастными и присвоить первой из них возраст второй. В данном случае действия геоморфолога аналогичны действиям палеонтолога или палинолога, установивших в изучаемом ими разрезе ту же смену фаунистических или палинологических комплексов, что и в стратотипическом разрезе.

Область применения одного из важнейших принципов стратиграфии *принципа фациальной дифференциации разновозрастных отложений*, установленного А. Грессли и Э. Реневье, имеет значительно более широкое распространение, не ограничиваясь стратиграфией, и в геоморфологическом аспекте он мог бы именоваться как *принцип латеральной дифференциации разновозрастных форм рельефа*. Его суть заключается в том, что разновозрастные, сменяющие друг друга в пространстве (в "горизонтальном направлении") формы рельефа могут быть созданы различными процессами или разнонаправленным действием (т.е. денудацией или аккумуляцией) одного и того же процесса. Одновременно образуются осыпной лоток и осыпной конус. Аккумулятивные поверхности тектоногенных моласс образуются по геологическим меркам одновременно с тектоническими уступами за счет их разрушения. Ледниковые отложения и формы рельефа увязываются с приледниковыми и внеледниковыми образо-

ваниями: экзарационному склону фактически соответствует комплекс конечных и боковых морен, террасы, созданные тальными ледниковыми водами, выклиниваются ниже по течению и в устье замещаются дельтой. Этот принцип лежит в основе морфофациального метода, или метода коррелятных отложений, который позволяет датировать по рыхлым отложениям генетически связанные с ними элементы рельефа (как денудационной, так и аккумулятивной природы). В то же время, этот принцип дает возможность датировать элементы рельефа совершенно разного генезиса, при условии установления одновременности их образования. Так, на южной периферии Чуйской межгорной впадины широко распространены позднеплейстоценовые моренные формы рельефа. На противоположном борту впадины в силу особого микроклимата ледники были гораздо меньше, поэтому в то же самое время на северном борту впадины накапливались мощные грубообломочные коллювиальные и пролювиальные отложения. Установив одновременность образования совершенно разных форм рельефа – моренных валов и коллювиально-пролювиальных конусов и шлейфов, мы можем применить к последним те же абсолютные датировки, что и для морен.

Принцип неполноты геологической летописи впервые был сформулирован Ч. Дарвином в книге "Происхождение видов", где он высказал мысль о том, что в геологических напластованиях запечатлена, вероятно, лишь меньшая часть геологической истории, а большая часть геологического времени приходится на перерывы, в течение которых были уничтожены значительные по мощности и времени накопления осадки. При этом наряду с крупными перерывами, которые фиксируются несогласиями, важно учитывать бесчисленные мелкие перерывы, обусловленные прерывистостью самого процесса осадконакопления. Перерывы и несогласия сами могут рассматриваться в качестве документа исторической геологии, получающего то или иное толкование [3].

Применительно к геоморфологии принцип неполноты геологической летописи означает, что наиболее полную информацию можно получить лишь о периоде, за который произошло формирование всех наблюдаемых в настоящий момент разновозрастных граней рельефа.

О поверхности литосферы в далеком прошлом можно судить лишь по геологическим данным – были ли на этом месте горные сооружения, или в это время здесь существовал бассейн осадконакопления. Информация о тектоническом режиме и климате является основной для реконструкций обстановок ранних этапов рельефообразования.

О недавнем прошлом облике земной поверхности мы можем судить, учитывая величины денудационного среза (морфодинамический метод) и амплитуды тектонических движений (морфотектонический метод). Некоторые черты палеорельефа возможно восстановить по отложениям и формам погребенного рельефа на основании данных бурения и геофизических исследований.

Даже в современном рельефе далеко не всегда сохранена непрерывная последовательность формирования от наиболее древних слагающих его поверхностей до самых молодых, развивающихся в настоящий момент. Образование новых граней рельефа всегда происходит за счет разрушения (деформации, замещения или наложения) уже существующих поверхностей. В начале формирования горной страны происходит изгибание и разрыв доорогенной поверхности выравнивания. Горные хребты еще в начале формирования подвергаются эрозионному расчленению. Выработанные эрозией склоны видоизменяются в ходе оледенения. Одновременно с этим могут продолжаться локальные тектонические подвижки, нарушающие уже оформившуюся сеть долин. После деградации ледников экзарационные склоны вновь преобразуются под действием эрозии и склоновых процессов. В случае сохранения фрагментов древних поверхностей мы можем найти в рельефе следы всех этих событий и, опираясь на датированные реперные поверхности, восстановить историю развития рельефа. Степень сохранности первоначальных поверхностей определяет

точность реконструкции. При уничтожении поверхностей и при отсутствии геологических доказательств – коррелятных отложений, подтверждающих существование этапа, в течение которого эти поверхности были сформированы, мы теряем возможность судить об этом этапе, он безвозвратно "выпадает" из ряда событий.

Примером этому может служить ситуация с количеством оледенений Горного Алтая. Поскольку высокие горные сооружения существовали на Алтае уже к концу неогена, в его пределах, вероятно, проявились все оледенения четвертичного периода. Сохранность древних поверхностей ледникового происхождения в высокогорных долинах показывает, что каждое последующее оледенение значительно уничтожало следы предыдущего, и наиболее полно представлено лишь последнее. Дополнительную информацию о количестве оледенений можно получить при изучении отложений на водоразделах и в межгорных впадинах при условии благоприятной для сохранения ледниковых отложений обстановки и их корректной расшифровки. Однако без надежных доказательств все предположения остаются лишь предположениями, и сегодня с уверенностью можно говорить только о двух значительных событиях, зафиксированных в строении современного рельефа. Чтобы получить наиболее полное представление о ледниковой эпохе, необходимо привлечение и сопоставление комплекса данных: палинологического анализа, дендрохронологии, лихенометрии, археологических находок, данных бурения глубоководных долгоживущих озер и т.д.

В то же время, несмотря на очевидную неполноту геоморфологической летописи, морфостратиграфический метод, использующий формы рельефа в качестве стратиграфических единиц, продолжает оставаться на сегодняшний день одним из наиболее информативных для палеогляциологических реконструкций на территории Горного Алтая. Предложения отказаться от "традиционной моренной геоморфологии" и перейти на имитационные балансовые модели, оперирующие величиной депрессии снеговой линии [11] кажутся нам менее обоснованными, так как без подтверждения в реальном рельефе или отложениях сама по себе модель имеет ценность лишь как продукт усилий человеческого мозга. Тем более, данные для определения депрессии снеговой линии в прошлом частично основываются на геоморфологических критериях: абсолютных высотах днищ каров и цирков, положении конечных и стадияльных морен. Этот метод призван дополнять, а не отвергать данные геоморфологии.

Принцип последовательности образования геологических тел – один из фундаментальных принципов геологии, впервые сформулированный в 1869 в диссертации Н. Стенона для слоистых толщ, а в дальнейшем распространенный на последовательность образования геологических тел вообще. Суть этого принципа заключается в том, что "временные отношения раньше/позже между геологическими телами определяются их первичными пространственными отношениями и (или) генетическими связями" (цитата по [12]).

В геоморфологии, объектом исследования которой является земная поверхность, этот принцип является руководящим при определении последовательности формирования элементов рельефа. При этом ранг анализируемых объектов определяется целью исследования – это могут быть как грани рельефа, так и состоящие из них формы рельефа. Положение их в пространстве, углы наклона, очертания, размеры, приуроченность одних к другим, ориентировка, характер границ между ними – все это позволяет судить о природных связях и последовательности формирования составляющих земную поверхность элементов. Геоморфологическая карта, отражающая реальные природные объекты, подобна шлифу горной породы. Минералог, как и геоморфолог, определяет последовательность формирования зерен по тому же принципу – анализируя характер границ между ними.

В Горном Алтае, где имеются считанные абсолютные датировки моренных отложений, возраст морен определяется главным образом по их соотношению друг с другом и вмещающими формами рельефа. Таким образом, принцип последова-

тельности образования элементов рельефа лежит в основе морфостратиграфического метода – установления последовательности событий с использованием форм рельефа в качестве стратиграфических единиц.

Принцип возрастной миграции граничных поверхностей геологических тел впервые был сформулирован Н.А. Головкинским [13] как результат его стратиграфических исследований. В основе этого принципа лежит положение о неодновременности образования литологически однородных слоев. Разновозрастность различных частей одного и того же слоя он считал обусловленной самим механизмом слоеобразования в условиях перемещения береговой линии бассейна осадконакопления. Из этого следует, что хронологические горизонты косвенно пересекают все другие.

Примером асинхронности геоморфологических поверхностей, представляющих собой аналог геологического тела в геологии или слоя в стратиграфии, может служить последняя поверхность выравнивания. Ее абсолютный возраст может различаться даже в пределах одной горной страны. Так, на основании палеокарпологического анализа было установлено, что в тектонически стабильных районах предгорий Алтае-Саянской горной области формирование пенеплена продолжалось несколько дольше, чем в тектонически активных районах, где неотектонический этап начался раньше [14]. Это подтверждает то, что формирование поверхностей выравнивания на большой территории не происходило синхронно, и в отдельных районах они имеют скользящие стратиграфические границы. Даже когда удастся определить единый (относительный) возраст поверхности выравнивания, не следует забывать, что это единство – следствие усреднения, так как возрастной интервал формирования поверхности охватывает обычно несколько десятков миллионов лет [15].

Чем крупнее рассматриваемая территория, тем сильнее проявляют себя законы асинхронности и пространственной неоднородности. Однако даже в пределах одной ледниковой долины действует тот же принцип: в ходе дегляциации гравитационные процессы начинают разрушать экзарационные склоны в низовьях и продвигаются вслед за отступающим ледником вверх по долине. Создаваемая ими поверхность, единая в генетическом плане, имеет разный возраст в верхней и нижней частях долины, что обусловлено самим механизмом ее формирования. В свою очередь формы рельефа, создаваемые склоновыми процессами, имеют, как заметил Л.Н. Ивановский [16], два возрастных рубежа: время возникновения и современное скользящее время. Естественно, что разновозрастностью отдельной локально развитой геоморфологической поверхности часто можно пренебречь. Однако с разновозрастностью региональных поверхностей необходимо считаться.

За возраст геоморфологической поверхности мы принимаем интервал времени от начала ее наложения или врезания в существовавшие прежде поверхности до начала ее разрушения поверхностями последующего образования. Следует заметить, что реликты поверхности выравнивания, разнесенной тектоническими движениями на разные уровни, продолжительное время сохраняют свойства этой поверхности, и именно благодаря этому мы можем выделить их в современном рельефе, но смена сформировавших ее процессов произошла уже безвозвратно. В новых условиях реликты древней поверхности подвергаются другим экзогенным процессам, которые ведут не к созданию, а уже к ее разрушению (или консервации). То есть, несмотря на сохранение первичных свойств в пределах сохранившихся фрагментов, поздней границей существования этой поверхности является время начала ее тектонической деформации.

Совершенствование наших представлений о законах строения и развития геологических (геоморфологических) объектов по мере пополнения экспериментальных данных и их обобщения – одно из необходимых условий процесса познания. Очевидно, что применение общегеологических принципов в геоморфологических исследованиях в действительности значительно шире, и можно как дополнять их список, так и разрабатывать уже перечисленные положения.

1. Чиков Б.М. Основы методологии тектонического районирования. Новосибирск: Наука, 1985. 156 с.
2. Николов Т. Биостратиграфия. София: Наука и искусство, 1977. 314 с.
3. Степанов Д.Л., Месежников М.С. Общая стратиграфия (Принципы и методы стратиграфических исследований). Л.: Недра, 1979. 423 с.
4. Круть И.В. Исследование оснований теоретической геологии. М.: Наука, 1973. 201 с.
5. Марков К.К. Палеогеография. М.: Госуд. изд-во географ. литературы, 1951. 276 с.
6. Проблемы генезиса бокситов / Г.И. Бушинский. М.: Наука, 1975. 316 с.
7. Селиверстов Ю.П. Эволюция рельефа и покровных образований влажных тропиков Сахарской платформы. Л.: Недра, 1978. 239 с.
8. Проблемы теории образования коры выветривания и экзогенные месторождения / В.И. Смирнов. М.: Наука, 1980. 279 с.
9. Сваричевская З.А., Селиверстов Ю.П. Эволюция рельефа и время: Геоморфологическая хронология. Л.: Изд-во ЛГУ, 1984. 240 с.
10. Ивановский Л.Н. Экзогенная литодинамика горных стран. Новосибирск: Наука, 1993. 160 с.
11. Рудой А.Н. Четвертичная гляциология гор Центральной Азии: Дисс. ... докт. геогр. наук. Томск: Томский гос. ун-т. 1995. 164 с.
12. Мейен С.В. Введение в теорию стратиграфии / Геологический институт АН СССР (Деп.). М.: ВИНТИ, № 1749-74. 1974. 185 с.
13. Головкинский Н.А. О пермской формации в центральной части Камско-Волжского бассейна // Материалы для познания геологии России, 1868, Т. 1. 144 с.
14. Вдовин В.В. Поверхности выравнивания Алтае-Саянской горной области / Поверхности выравнивания гор Сибири. Новосибирск: Наука, 1971. С. 93–114.
15. Каиценская О.В. Рельеф и системный подход // Системный анализ рельефа Сибири. Новосибирск: Наука, 1985. С. 38–66.
16. Ивановский Л.Н. Значение коррелятных отложений в изучении современных экзогенных процессов рельефообразования // География и природн. ресурсы. 1983. № 1. С. 16–23.

Институт геологии СО РАН

Поступила в редакцию
18.10.2000

GENERAL GEOLOGIC PRINCIPLES IN GEOMORPHOLOGIC ANALYSIS

A.R. AGATOVA

S u m m a r y

General geologic principles that underlie paleogeomorphologic, morphofacial, morphostratigraphic and another methods of geomorphologic analysis are considered. Particularities of using these principles are shown taking the landforms' analysis of Gorny Altai as an example.