

ФГБОУ ВПО Саратовский государственный университет  
имени Н.Г. Чернышевского  
Географический факультет

Г.И. Лотоцкий

# **ОБЩИЙ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ**

Методическое пособие

Саратов  
2012

Рассмотрены основные методы общего геоморфологического анализа: морфология рельефа, его генезис, возраст, история развития и их изучение; структурно-геоморфологический, фациально-геоморфологический, палеогеоморфологический анализ и изучение современной динамики рельефа.

Учебное пособие является одним из разделов спецкурса «Методы полевых геоморфологических исследований» для студентов 3 курса специализации «Использование природных ресурсов и охрана природы» и специальности «Прикладная информатика (в географии)». Данная дисциплина предусмотрена и в плане подготовки бакалавров направления 021000 «География» по профилю «Геоморфология».

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

## **1 Морфология и морфометрия рельефа, его генезис, возраст, история развития и их изучение**

Изучение морфологических особенностей рельефа состоит в получении наиболее полной информации по морфографии и морфометрии.

Под морфографией понимают изучение и описание внешних особенностей, облика рельефа, начиная от наиболее мелких и простых элементов до самых крупных форм и их сложных сочетаний. Морфометрия - отрасль геоморфологии, занимающаяся определением размеров элементов, форм и типов рельефа и их положения в пространстве и относительно друг друга.

Морфография и морфометрия лежат в основе математического выражения наших представлений о рельефе и математического обоснования процессов морфогенеза. Поэтому они имеют большое значение для совершенствования и дальнейшего развития теоретической основы геоморфологии. Морфографические и морфометрические данные имеют важнейшее значение для качественной и количественной оценки форм рельефа и процессов морфогенеза.

Морфография и морфометрия рельефа необходимы для решения многих практических вопросов: при составлении топографических, географических, геологических и геоморфологических карт, освоении и эксплуатации сельскохозяйственных угодий, мелиоративных и инженерно-геологических работах, в военном деле, гражданском строительстве, при поисках и эксплуатации месторождений полезных ископаемых и т. д. По существу, во всей своей хозяйственной деятельности человек в той или иной степени связан с необходимостью морфографического и морфометрического изучения рельефа.

Внешний вид рельефа неразрывно связан с его происхождением и возрастом. Это важное свойство рельефа широко используется при геоморфологическом дешифрировании космо- и аэрофотоматериалов и

изучении топографических карт. Особенности рельефа находят наиболее полное выражение на аэрофотоснимках и топографических картах. Поэтому изучение последних дает важные материалы по морфографии и морфометрии наряду с непосредственным исследованием рельефа в полевых условиях.

Основными источниками сведений по морфографии и морфометрии рельефа являются:

1) материалы полевых исследований; 2) графические документы (топокарты, геоморфологические карты, профили, схемы и др., составленные в результате предшествующих исследований) и фотографические материалы (фото- и аэроснимки, космоснимки, фотопланы и др.); 3) данные, содержащиеся в описаниях (отчетах, монографиях, статьях).

Для характеристики рельефа пользуются разнообразными описательными и изобразительными методами.

*Метод описания.* Морфографические и морфометрические особенности рельефа (вместе с другими данными) описываются в полевом дневнике, отчете по проведенным исследованиям, статье, монографии.

Описания могут вестись по точкам наблюдений, по маршрутам, по геоморфологическим странам, провинциям, областям, районам, по типологическим категориям рельефа и т. п. В зависимости от поставленных задач они могут быть схематичными или достаточно обстоятельными. Текст иллюстрируется графическими материалами, фотоснимками и т. д.

*Метод буквенных и цифровых формул.* Информация по морфологии (а также генезису и возрасту рельефа) передается в закодированном виде в форме буквенных и цифровых формул. Указанный метод применяется при составлении геоморфологических карт (примерами таких формул являются индексы возраста рельефа или генетические и возрастные индексы) и в текстовых описаниях.

*Графическое изображение и изучение рельефа.* Эта группа включает следующие методы: картографирования, зарисовок, профилирования и блок-диаграмм.

*Метод картографирования* - один из наиболее совершенных и наглядных методов изображения рельефа. При этом картируемые объекты передаются в виде проекции на горизонтальную плоскость. Картографирование обычно следует за этапом полевого картирования и в этом случае представляет собой окончательное оформление карты, ранее составленной в черновом варианте в поле. В других случаях оно не сопровождается полевыми работами и ограничивается составлением карты целиком в камеральных условиях по графическим материалам ранее выполненных исследований.

*Метод зарисовок* широко применяется при геоморфологических исследованиях. Объектами их могут быть как крупные, так и мелкие формы рельефа и части последних. Второстепенные детали исключаются. Рисунки могут быть контурными, штриховыми или панорамными.

*Метод профилирования.* Характерные особенности рельефа хорошо передаются на профилях. На последних рельеф изображается линией, представляющей собой пересечение земной поверхности с разрезающей ее вертикальной плоскостью. Профили могут строиться по данным 1) измерений на местности в виде: а) полуинструментального профилирования (с использованием барометра-анероида, ручного нивелирования с помощью отвеса горного компаса, GPS-приемника и т. д.); б) инструментального профилирования при помощи нивелира, теодолита, кипрегеля и других инструментов (наиболее точный способ); 2) топографических карт; 3) визуальных оценок (наименее точные данные).

*Метод блок-диаграмм.* Блок-диаграмма — изображение блока земной коры, ограниченного сверху земной поверхностью, с боков — вертикальными гранями и снизу — горизонтальным срезом. Представляет собой перспективный рисунок рельефа земной поверхности совместно с геологическим разрезом земной коры, предназначенный, главным образом, для наглядного изображения взаимосвязей рельефа местности и ее геологического строения.

Морфографический и морфометрический анализ рельефа состоит из выделения и изучения отдельных элементов рельефа: поверхностей или граней, линий и точек, ограничивающих формы рельефа разного размера и сложности. К элементарным поверхностям относят разнообразные склоны и водораздельные поверхности (плакоры).

В направлении сверху вниз склоны сочленяются по следующим линиям: водораздельной или гребневой; бровки; подошвенной и тальвега. Эти линии своими очертаниями и положением в пространстве определяют общий облик рельефа, образуя его «каркас».

Точечные элементы рельефа образуются в местах перегиба поверхностей и линий их разграничения. Они различаются по их положению: а) в профиле (вершинные, седловидные, бровочные, подножия, донные) и б) в плане (устьевые, слияния, поворотные, развилочные, пересечения).

Основная задача исследования морфологии рельефа заключается в детальном изучении отдельных элементов и форм, их морфометрических характеристик, что даст возможность решить морфогенетические вопросы. Морфологию на геоморфологических картах изображают линиями, знаками, штриховкой или цветной фоновой окраской. Морфометрические характеристики рельефа получают отражение на специальных морфометрических картах: горизонтального и вертикального расчленения, порядков долин, базисной и вершинной поверхностей, остаточного рельефа и др.

*Изучение генезиса* рельефа является одной из наиболее существенных задач геоморфологических исследований. Оно позволяет восстановить историю зарождения и развития изучаемых форм рельефа, объяснить их морфологические особенности, найти наиболее рациональные способы их хозяйственного использования и освоения, оценить перспективы поисков полезных ископаемых, связанных с изучаемыми формами рельефа, и наметить наиболее рациональную методику их поисков. Изучение генезиса

необходимо для совершенствования и дальнейшего развития теоретической базы геоморфологии.

В зависимости от того, какие факторы оказывают господствующее влияние на формирование рельефа (экзогенные или эндогенные), различаются эндогенные и экзогенные элементы рельефа. В первой группе выделяются тектоногенные и вулканогенные элементы. Среди тектоногенных различаются положительные и отрицательные элементы, предопределенные складчатыми и разрывными деформациями (антиклинальные хребты, горсты, грабены, тектонические уступы и др.). К вулканогенным относятся аккумулятивные и выработанные элементы рельефа, созданные эффузивными, экструзивными и эксплозивными процессами (вулканические плато, стратовулканы, кальдеры, маары и др.). Эндогенные элементы в той или иной степени изменены наложенными экзогенными процессами.

Вторая большая группа включает аккумулятивные и выработанные (денудационные) экзогенные элементы (морского, озерного, речного, ледникового, водно-ледникового, эолового, карстового, денудационного происхождения, антропогенные или техногенные, биогенные элементы, а также рельеф сложного происхождения: речного и морского, речного и озерного, эрозионно-денудационного, денудационно-абразионного, денудационно-экзарационного и т. п.). Примерами этих элементов являются морские, озерные равнины, речные террасы, поверхности денудационного выравнивания, эрозионно-денудационные склоны и так далее.

В последнее время широкое распространение получил рельеф антропогенного происхождения, т.е. совокупность форм, созданных или значительно измененных хозяйственной деятельностью человека. Можно говорить о собственно антропогенных формах, т.е. заново созданных человеком: техногенный (карьеры, отвалы, терриконы, шахты, штольни), агрогенный (террасирование, осушение заболоченных участков) и антропогенно-обусловленный (плоскостная и линейная эрозия, суффозия,

активность подвижных песков, абразионно-аккумулятивные процессы водохранилищ и др.)

Для изучения происхождения рельефа используются геоморфологические, геологические, географические и геофизические методы.

Из геоморфологических методов употребляются: морфоструктурный, морфонеотектонический, сравнительно-морфологический, историко-морфологический, анализ геоморфологических циклов и геоморфологических уровней (в том числе полигенетических поверхностей выравнивания), региональный геоморфологический анализ, анализ факторов морфогенеза, геоморфологического эксперимента и др.

Из геологических методов наиболее важны методы анализа петрографо-минералогического состава горных пород, литолого-фациального и структурно-фациального анализа, анализа тектонической структуры и мощностей отложений, анализа соотношений фаций с их мощностью, гранулометрического, химического анализа, анализа текстур осадочных пород, стратиграфический, анализа стратиграфических перерывов, палеонтологический, спорово-пыльцевой и другие.

В перечень географических методов необходимо включить методы ландшафтного картирования, геохимии ландшафтов, климатологического анализа, микроклиматических исследований, гидрологического анализа, картографический, биогеографические, анализа современных и ископаемых почв, гляциологический, мерзлотной съемки, аэродинамический, палеогеографический и другие.

Из геофизических методов наиболее употребительными являются магнитометрический, гравиметрический, электрометрический и сейсмический.

Надежность полученных выводов о генезисе изучаемого рельефа обуславливается тем, насколько комплексной была методика исследований. Как правило, нельзя ограничиваться каким-либо одним методом.



Необходимо применять, по крайней мере, несколько методов, что дает возможность установить роль каждого из нескольких агентов морфогенеза или выделить ведущих и второстепенных.

*Возраст рельефа*, наряду с морфологическими особенностями и генезисом, — одна из наиболее существенных его характеристик. Определение возраста изучаемых элементов рельефа позволяет установить закономерности формирования и реконструировать историю их развития.

Определяя возраст рельефа, необходимо пользоваться не одним каким-либо методом, а их комплексом. Только применяя комплексную методику, можно получить надежные результаты.

Абсолютный возраст указывает время образования рельефа в миллионах и тысячах лет или еще более точно. Абсолютный возраст форм рельефа может быть определен по археологическим находкам, по скорости осадконакопления, плоскостного или линейного смыва, по количеству годовичных слоев в ленточных водно-ледниковых отложениях, по скорости распада различных радиоактивных элементов, содержащихся в горных породах, например, радиоактивного изотопа углерода ( $C^{14}$ ) или другими способами. Для определения возраста малых, очень молодых форм рельефа можно использовать сведения, почерпнутые из исторических источников, из карт прошлых лет издания или полученные от населения путем опроса.

При определении возраста денудационных форм рельефа, поверхностей выравнивания и денудационных равнин, задача сводится к выяснению времени начала процессов денудации. Для этого необходимо установить на исследованной территории возраст наиболее молодых отложений морского или континентального происхождения, т. е. установить время последней региональной аккумуляции. Возраст денудационного рельефа (поверхности) всегда моложе самых молодых отложений, срезаемых данной поверхностью.

Возраст аккумулятивных форм рельефа, как правило, совпадает с геологическим возрастом слагающих их пород. Так, моренная гряда,

сложенная ледниковыми отложениями днепровского времени, имеет днепровский (среднеплейстоценовый) возраст. Аллювий первой надпойменной аккумулятивной террасы, которым она сложена, имеет позднеплейстоценовый возраст. Таким же будет и возраст речной террасы. При наличии данных о возрасте горных пород, слагающих ту или иную форму рельефа, включая террасы и равнины, определение возраста аккумулятивного рельефа не вызывает затруднений.

Если же возраст отложений не установлен, то возраст аккумулятивных форм рельефа можно определить лишь косвенным путем, методами, принятыми в геологии. При определении возраста аккумулятивных форм рельефа широко используются методы определения абсолютного возраста отложений, биостратиграфические методы, в том числе метод возрастных рубежей и фациальных переходов.

Для определения возраста форм рельефа следует широко применять методы, отработанные для определения возраста геологических тел.

Приемы, которыми пользуются геологи и геоморфологи при геоморфологических исследованиях, можно подразделить на две группы: а) определение давности возраста геологических и геоморфологических образований и б) установление последовательности истории геологических событий.

Для определения относительного возраста используют ряд геологических и геоморфологических методов, в частности:

*Метод фациальных переходов* применяется при определении возраста аккумулятивных форм рельефа, сложенных «немыми» отложениями. Используя указанный метод, необходимо проследить переход исследуемых форм рельефа, сложенных теми или иными породами, возраст которых неясен, в сходные формы, слагающиеся другими отложениями или фациями иного генезиса, возраст которых установлен.

*Метод возрастных рубежей* применяется при определении возраста аккумулятивных и денудационных форм и возраста погребенного рельефа.

Данный метод состоит в определении отрезка времени по двум рубежам - нижнего по подстилающей толще отложений, и верхнего - по перекрывающей или прислоняющейся.

*Метод сингенетических отложений* основан на предположении, что возраст изучаемой аккумулятивной формы рельефа аналогичен возрасту слагающих ее отложений в тех случаях, если они имеют тот же генезис, что и образуемая ими форма рельефа (при условии, что последняя не подвергалась после своего образования каким-либо преобразованиям иными агентами морфогенеза). Так, возраст аккумулятивной морской равнины соответствует возрасту слагающих ее морских отложений; возраст аккумулятивной речной террасы аналогичен возрасту аллювия, слагающего данную форму рельефа; возраст аккумулятивной ледниковой равнины соответствует возрасту слагающих ее моренных отложений и так далее.

*Метод коррелятных отложений* применяется для определения возраста денудационных форм, например, для выявления возраста поверхностей выравнивания. Он основан на законе сопряженности процессов денудации и аккумуляции во времени и пространстве.

*Метод определения возраста форм рельефа по коре выветривания.* Большое значение для определения возраста денудационных равнин имеет изучение геохимии кор выветривания. Оно может вестись в двух направлениях. Первое - это детальное минералогическое изучение коррелятных отложений в местах локального осадконакопления в пределах данной денудационной равнины. Вторым направлением использования коры выветривания для определения возраста денудационного рельефа являются поиски следов выветривания на различных породах внутри разрезов осадочных толщ.

*Метод корреляции синхронных форм рельефа* состоит в прослеживании и установлении связей изучаемой формы рельефа с другими синхронными ей формами, возраст которых установлен палеонтологическими методами или методами определения абсолютного возраста. Так, в Нижнем Поволжье

прослеживается переход абразионной морской равнины в аккумулятивную позднеплиоценового (акчагыльского) возраста

*Метод гетерохронных форм* заключается в определении возраста изучаемой формы рельефа по возрасту примыкающих к ней более древней и более молодой форм. Например, водораздельная поверхность будет древнее, чем примыкающая аккумулятивная речная терраса, возраст которой определен каким-либо геологическим методом.

*Метод наложенных форм* основан на правилах, широко используемых в геологии: 1) каждая наложенная форма рельефа моложе той, на которую она наложена (или в которую врезана или к которой прислонена); 2) каждая форма, лежащая под наложенной формой, древнее последней.

*Метод реликтовых форм* исходит из следующих положений: 1) каждая прогрессивно развивающаяся форма моложе той реликтовой формы, за счет которой она развивается; 2) каждая реликтовая форма древнее той прогрессивно развивающейся формы, которая формируется за счет реликта. Так, зандровая равнина древнее речной долины, врезанной в ее тело. Верхние речные террасы древнее нижних, врезанных или прислоненных к ним.

*Метод пересечений.* Из двух пересекающихся форм рельефа моложе та, которая не прерывается в месте пересечения. Например, долина, пересекающая аккумулятивную моренную грядку, моложе последней. Напротив, гряда, пересекающая долину, будет моложе последней.

*Метод ступенчатых поверхностей.* Изучение высотного положения отдельных поверхностей весьма широко и плодотворно используется геоморфологами для определения возраста водоразделов, которые гипсометрически располагаются выше других поверхностей, например, речных террас.

Принцип стратиграфии «чем ниже - тем древнее» отражает определенным образом последовательность возникновения не только геологических, но и геоморфологических объектов. В геоморфологии действует противоположный принцип «чем выше — тем древнее»,

указывающий на последовательность процессов денудации и аккумуляции. Данный принцип является одним из основных при установлении возраста аккумулятивных, эрозионных и абразионных террас, а также ступенчатых поверхностей выравнивания в пределах равнин.

На геоморфологических картах генезис рельефа изображают определенным цветом, а возраст геологическими индексами, с дополнением оттенков цвета, характеризующего генезис.

История развития рельефа предполагает поэтапное, детальное рассмотрение и анализ становления рельефа на всех наиболее важных этапах его формирования. Все работы по восстановлению истории развития рельефа можно разделить на три группы: подготовительные, полевые и заключительные (камеральные). Подготовительные работы заключаются в сборе всех имеющихся материалов по данной территории (опубликованные, фондовые, картографические, буровые, аэрофотоматериалы и космоматериалы, создание цифровой модели рельефа и другие).

В период полевых исследований проводится детальное изучение опорных обнажений, на их основе составляются схемы соотношений, профили, отбираются образцы горных пород для их лабораторных анализов и многое другое.

Заключительные (камеральные) работы посвящены анализу и систематизации собранного материала с целью восстановления поэтапной истории развития рельефа изучаемого района.

История развития рельефа – это история размывов, сноса и аккумуляции, опусканий и поднятий участков земной коры, история наступания и отступления ледников, вулканических явлений, морских трансгрессий и регрессий и др. И вся эта история запечатлена в денудационных формах и рыхлых отложениях, изучение которых является первоочередной задачей.

При изучении истории развития рельефа очень важны серии морфометрических карт, позволяющие оценить свойства изучаемого

рельефа. Полезной бывает гипсометрическая карта, позволяющая выделять структурные геоморфологические ярусы, оценивать соотношение элементов рельефа в различном поле высот. Большое значение имеют карты углов наклона, вертикальной и горизонтальной расчлененности, несущие определенную информацию. Сопоставление данных карт между собой позволяет создать рабочую гипотезу, характеризующую главные тенденции развития рельефа изучаемой территории.

Весьма полезно сопоставление морфометрических карт с картами геологическими. Это дает возможность восстановить влияние различных геологических факторов на историю развития рельефа. Для этих целей можно использовать ландшафтные, климатические, карты характеристики стока. Сопряженный анализ, сопоставление разной информации методом наложения друг на друга разных тематических карт, методом построения сопряженных профилей и т.п. – все это дает дополнительный материал к анализу истории развития рельефа. Большое значение имеет изучение рыхлых отложений, аналитические работы, описание разрезов, профилей, и результаты интерпретации этих анализов, создающих основу исследований. Очень много ценной информации, полезной для восстановления истории развития рельефа той или иной территории, содержит палеогеографический атлас России и отдельных территорий.

## 2 Структурно-геоморфологический анализ

Структурно-геоморфологический анализ основан на сопоставлении морфологических (орографических, орогидрографических) особенностей земной поверхности с ее геологической структурой и составом новейших отложений, проведенном в историко-геологическом (палео-географическом) аспекте. Иными словами – геоморфологический анализ структурных черт рельефа с целью определения их происхождения. Он складывается из комплекса методических приемов, направленных на выявление прямой или косвенной связи между формами рельефа современной поверхности и строением земных недр.

Путем такого анализа выясняют роль тектоники в развитии рельефа, устанавливают формы ее проявления в пластике земной поверхности, разрабатывают геоморфологические критерии прогнозирования и поисков геологических структур, что имеет большое практическое значение при поисках нефти и газа, рудных полезных ископаемых и др.

Отдельные структурные единицы – структурные формы, или геологические структуры - геоморфологически проявляются в определенных категориях рельефа, которые называются морфоструктурами.

Таким образом, под морфоструктурой понимают формы земной поверхности, созданные тектоническими движениями в их взаимодействии с факторами денудации и аккумуляции или преимущественно крупные формы рельефа, возникающие в результате исторически развивающегося противоречивого взаимодействия эндогенных и экзогенных сил, при ведущей активной роли эндогенного фактора – тектонических движений.

Можно сказать, что морфоструктура – это геологическая структура земной коры, дневная поверхность которой образует свою определенную форму или комплекс форм земной поверхности и исторический ход тектонического развития этой структуры в сочетании с подчиненным

воздействием экзогенных процессов создают все особенности рельефа данной территории.

Морфоструктура является динамичным элементом рельефа земной поверхности, постоянно развивающимся во времени, и чем сложнее история геотектонического развития территории, тем сложнее соотношение геоструктурных и морфологических элементов. Взаимоотношение морфоструктур и геотектур определяется общностью их происхождения, так как в обоих случаях активная роль принадлежит тектоническим процессам. Морфоструктуры имеют достаточно четкие естественные границы и поэтому всегда могут быть выявлены с помощью соответствующих методов исследования. В соответствии с размерами геоструктурных форм морфоструктурные единицы могут быть самого различного размера - от малых до мегаформ. В любых морфоструктурах обычно наблюдаются признаки длительного и очень сложного тектонического развития территории.

Наблюдаемые в природе разнообразные структурно – геоморфологические комплексы образуются путем сочетания первично-тектонических и денудационных морфоструктур различного типа, происхождения и возраста. В итоге задача структурно- геоморфологического анализа сводится к установлению связи рельефа и тектоники, выявления и изучения характера выраженности в рельефе геологических структур (морфоструктур) различного типа и возраста.

Для получения общих структурно-геоморфологических выводов иногда оказывается достаточно на топографической, физико-географической карте, карте гидрографической сети обозначить основные структуры (например, валы, купола), нанести оси антиклинальных и синклиналиных складок, чтобы была очевидной приуроченность водоразделов и долин к определенным структурным единицам.

Степень и характер структурной обусловленности форм рельефа зависят от многих факторов, среди которых особое значение имеют: история



развития и возраст структур; новейшие тектонические движения; петрографический состав пород и их устойчивость против выветривания и денудации в разных климатических условиях; степень расчленения и стадия развития рельефа.

Для установления причины образования денудационных морфоструктур, необходимо изучить физико-механические и химические свойства горных пород, определяющие их устойчивость, выяснить мощность различных стратиграфических горизонтов, последовательность их залегания в геологическом разрезе, распределение в структурных элементах.

Таким образом, соотношения между структурными единицами и формами рельефа в настоящее время могут быть поняты только в результате всестороннего историко-геологического анализа территории. Этот анализ должен завершиться обзором комплексов структурных форм рельефа в связи с различными типами пространственных сочетаний геологических структур (древних и новейших).

Структурно-геоморфологический анализ – это комплексный анализ, с применением различных методов установления связи рельефа с тектоникой. Он предусматривает проведение предполевых, полевых и заключительных исследований.

В предполевой период необходимо:

- собрать геологический и геоморфологический материал;
- провести предполевое структурно-геоморфологическое дешифрирование аэрофотоснимков и космоснимков;
- изучить топокарты;
- составить морфометрические карты.

В полевой период провести выявление геоморфологических признаков региональных и локальных поднятий и опусканий, линейных нарушений.

*Геоморфологические признаки тектонических структур*

*Признаки тектонических поднятий:*

- a) *региональных*: преобладающее развитие денудационного рельефа;

б) *локальных*: эрозионные террасы; цокольные террасы; резкое сужение долин; участки повышенной расчлененности рельефа; аномальное (тектоническое) повышение поверхности террас и других геоморфологических уровней; локальные террасы; врезанные меандры; эрозионные останцы в пределах аккумулятивных террас; висячие долины; аномальные (повышенные) уклоны продольного профиля долины; зоны активного карста; куэсты; участки преобладающего развития выпуклых склонов; то же грядово-холмистых пространств; локальное уменьшение мощностей неоген-четвертичных отложений или их отсутствие на данном участке; участки радиального рисунка долин в плане.

Признаки тектонических *опусканий*:

а) *региональных*: участки преобладающего развития аккумулятивного рельефа;

б) *локальных*: аккумулятивные террасы; резкие расширения долин; гидрографические узлы; заболоченные поверхности террас и водоразделов; аномальные (тектонические) понижения поверхностей террас и других геоморфологических уровней; погребенные террасы; блуждающие меандры; локальное увеличение количества стариц; участки преобладающего развития вогнутых склонов; то же, плоских водораздельных пространств; то же, локального увеличения мощности неоген-четвертичных отложений.

*Признаки линейных нарушений*: спрямленные участки долин; коленообразные изгибы долин; крестообразное расположение долин и их притоков; резко выраженная асимметрия склонов; прямолинейные денудационные уступы.

Структурно – геоморфологическая карта является итоговым документом структурно – геоморфологических исследований и в связи с этим она должна отображать геоморфологические признаки выраженных в рельефе тектонических структур и установленные по этим признакам участки развития последних. Она является сводкой данных о тех или иных структурно – обусловленных особенностях рельефа. На структурно-

геоморфологических картах обязателен показ генетических типов рельефа, контуры которых берутся с общей геоморфологической карты. Анализ размещения разновозрастных типов рельефа позволяет установить закономерность формирования региональных структур земной коры и обусловленности их развития. С общей геоморфологической карты на структурно-геоморфологическую, переносятся также данные о морфологии склонов водораздельных пространств исследуемой территории. Области региональных тектонических поднятий и опусканий закрашиваются соответствующим цветом, затем на их фоне определенными знаками показывают участки распространения локальных поднятий и опусканий и линейных нарушений. Признаки тектонических поднятий обозначаются коричневым цветом, признаки опусканий – зеленым, а признаки линейных нарушений – красным. Такая цветовая гамма является наглядной и четко читаемой. Правда, надо отметить, что ни один из перечисленных геоморфологических признаков в отдельности не может служить показателем наличия какой-либо структуры. И только комплекс этих признаков можно рассматривать как показатель отражения в рельефе соответствующих структурных форм.

Данная методика структурно-геоморфологического анализа и построения соответствующей карты была успешно апробирована нами в соавторстве с А.А. Романовым, В.П. Лаврентьевой и К.Н. Разумовой на Ртищевском участке Саратовской области.

### 3 Фациально-геоморфологический анализ

Фациально - геоморфологический (морфолитогенетический) анализ предусматривает анализ осадочных толщ, проводимый с целью выяснения геоморфологических условий области сноса и аккумуляции осадков, включая решение таких вопросов, как морфография и морфометрия рельефа, условия и способ его образования (генезис). Это мощное средство в руках геоморфолога, так как в осадочных толщах наиболее полно запечатлена история и причины формирования рельефа.

Осуществляя данный анализ, необходимо учитывать, что породы в их современном состоянии отличаются от тех осадков, которые возникли первоначально. Накапливаясь в течение длительного времени, осадки постоянно уплотняются, видоизменяются минералогически, приобретают новые черты строения и превращаются в осадочные породы. При воздействии тектонических движений порода может потерять свой первоначальный характер.

Для решения геоморфологических вопросов чаще всего приходится изучать новейшие, главным образом, четвертичные отложения, не претерпевшие глубоких вторичных изменений в результате эпигенеза или метаморфизма.

Различают полевые и камеральные (или лабораторные) методы изучения пород. Это подразделение условно, так как камеральные методы являются лишь дополнительными к основным полевым методам и составляют с ними одно целое. Цель камеральных работ – дополнение и уточнение, полученных в поле, литологических характеристик путем выполнения различных видов специального анализа образцов горных пород.

Дадим краткую характеристику некоторых методов анализа рыхлых отложений, применяемых при проведении фациально-геоморфологического анализа.

*Петрографический анализ* проводят с целью изучения петрографического состава грубообломочных пород. Для этого отбирают 200-300 обломков из слоя, очищенного от выветрелого материала. Пробу берут, по возможности, из каждого слоя. Петрографический состав обломков (название породы) устанавливают в поле, для чего берут с собой эталонную коллекцию образцов горных пород, путем сравнения с которыми и производят определение. Обломки, не определенные в поле, подвергают микроскопическому изучению в лаборатории.

*Минералогический анализ* осуществляют с целью изучения минерального состава мелких обломочных частиц. Минералы, как правило, сосредоточены в поле размерностей от 1,0 до 0,01 мм, т.е. песчаная и алевритовая фракции пород. Максимальное разнообразие обломочных минералов характерно для фракции от 0,25 до 0,01 мм, поэтому она, обычно, избирается для минералогических работ.

подавляющая часть мелких частиц состоит из обломков легких минералов с удельным весом менее 2,8 (кварц, полевые шпаты, слюды и др.). Минералы, обладающие удельным весом большим, чем удельный вес наиболее распространенных в осадках кварца и полевого шпата, называют тяжелыми минералами. В полевых условиях широко применяют шлиховый метод изучения тяжелой фракции рыхлых отложений.

*Шлиховой метод* заключается в систематическом опробовании рыхлых отложений в долинах рек, в овражно-балочной сети, на склонах и водораздельных элементах рельефа. Отобранные пробы рыхлых отложений промывают в воде и получившийся тяжелый осадок (шлих) анализируют в минералогической лаборатории с помощью физических, химических, оптических и других методов.

Шлиховое опробование используют для поисков россыпных и коренных месторождений полезных ископаемых, а также для выяснения геоморфологического и геологического строения территории, генезиса и динамики рыхлого покрова.

Данные петрографо-минералогического изучения рыхлых отложений сводят в таблицы (количество грубых обломков определенных пород или мелких зерен различного минералогического состава). С помощью статистической обработки отображают процентное содержание в данной породе обломков и зерен различного петрографического или минерального состава. За 100 % принимают общее количество подсчитанных обломков (зерен).

Результаты петрографо-минералогического анализа отложений позволяют установить геологическое строение и рельеф области сноса (денудации), распределение водоразделов, путей переноса и отложений осадков, преобразования рельефа с течением времени, характер эндо- и экзогенных процессов, вызывающих это образование, определять возраст, производить корреляцию отложений и форм рельефа.

*Спорово-пыльцевой анализ (палинологический).* Анализ заключается в изучении закономерностей распределения спор и пыльцы в различных типах осадков. Данные анализа используются для определения возраста и стратиграфического расчленения рыхлых отложений, для выяснения истории растительности, климата, палеогеографических и палеогеоморфологических реконструкций.

*Изучение цвета осадочных пород.* Цвет породы – важный признак, позволяющий судить о вещественном составе отложений и об условиях их образования.

*Красная и бурая окраска* – обусловлены содержанием в осадочных породах гидратов окиси железа. Зеленая окраска обусловлена присутствием закисных соединений железа.

*Серый и черный цвета* указывают на содержание в породе органических веществ. Нередко черный цвет породе придают различные соединения окислов марганца.

Окраска пород отражает, кроме того, климатические условия, а также стадии гипергенеза. Так, в жарком сухом климате – осадки на континенте

серые, преимущественно желтые, палевые. В жарком влажном климате – яркие буро-красные (в связи с образованием окислов железа, алюминия, марганца).

*Изучение структуры пород* предполагает проведение гранулометрического анализа и анализа формы отдельных обломочных частиц.

*Гранулометрический анализ* заключается в определении размеров частиц различной крупности, содержащихся в обнажении. Приводим структурную классификацию обломочных пород, размеры обломков в мм: глыбы - больше 1000; валуны крупные – 1000-500, средние 500 -250, мелкие – 250-100; галька крупная – 100 - 50, средняя – 50- 25, мелкая – 25-10; гравий крупный – 10 -5, средний 5-2, мелкий 2-1; песок крупный – 1- 0,5, средний – 0,5- 0,25, мелкий – 0,25 – 0,1; алеврит крупный – 0,1 – 0,05; средний – 0,05 – 0,025, мелкий – 0,025 – 0,01; глинистые породы (пелиты) - меньше 0,01.

Размеры галек и валунов определяют непосредственно в поле, гранулометрический анализ мелкообломочных пород осуществляют в лаборатории путем просеивания через сито и путем отмучивания в воде.

Результаты гранулометрического анализа сводят в таблицы, диаграммы, гистограммы, кумулятивные кривые, кривые распределения. Полученные данные позволяют судить о генезисе и условиях образования обломочных пород. Сортировка обломочного материала характеризует условия переноса среды, дает возможность реконструкции существовавшего палеорельефа, установить условия накопления осадков и др.

*Изучение формы обломочных частиц* заключается в изучении в полевых условиях окатанности грубых обломков. Для этого используют шкалу А.В. Хабакова, по которой обломки делят на пять групп: 0 - остроугольные обломки; 1 – угловатые обломки с оттертыми краями; 2 - угловато-окатанные обломки с оттертыми ребрами, но еще сохранившие первоначальную огранку; 3 – обломки хорошо окатанные, сохранившие лишь следы первоначальной формы; 4 – превосходно окатанные обломки. Каждая из пяти групп имеет свой

балл (от 0 до 4), который используют при определении степени окатанности материала.

Измеряя размеры осей изучаемых обломков: длинной, промежуточной, короткой или длины, ширины и толщины и используя соответствующие формулы, вычисляют ряд коэффициентов, характеризующих форму обломков в количественных показателях (коэффициенты сферичности, окатанности, изометричности, уплощенности, дисимметрии).

Результаты изучения окатанности обломков сводят в таблицы с характеристикой процентного содержания в данной пробе обломков различных морфометрических и морфоскопических категорий (классов). За 100 % принимают общее количество подсчитанных обломков. По этим данным строят гистограммы, кривые распределения и др. Результаты анализа окатанности обломочного материала дают возможность судить о динамических условиях его транспортировки и накопления, т.е. о генезисе рыхлых отложений и форм рельефа, палеогеоморфологических условиях морфогенеза.

*Изучение текстуры* пород заключается в изучении и анализе пространственного взаимоотношения и расположения составных частей породы. К текстурным признакам осадочных отложений относятся: характер распределения материала в разрезах (внутрислоевые текстуры), знаки на поверхностях наслоения (поверхностные текстуры), особенности ориентировки обломков в разрезе и в плане.

Внутрислоевые текстуры бывают беспорядочными, слоистыми и флюидальными.

В беспорядочной текстуре частицы, слагающие породу, располагаются хаотично и без всякой ориентировки. Такой характер текстурных особенностей может характеризовать отложения гравитационного характера, моренные.



В слоистой текстуре частицы, слагающие породу, располагаются закономерно слоями и слоёчками, причем наблюдается чередование слоев и слоёчков разного состава, разной крупности зерна.

Слоистые текстуры бывают трех типов: горизонтальные, косые и волнистые.

*В горизонтальной слоистости* чередуются слои и слойки, параллельные плоскости напластования (морские, озерные отложения). В косой слоистости ряды серий состоят из слойков, наклоненных к серийным швам. Такой тип слоистости характерен для отложений мелководных прибрежных фаций. Волнистая слоистость характеризуется волнистой формой слойков, параллельных друг другу, что свидетельствует об изменчивости палеографических условий в период образования данной слоистости.

*В флюидальной текстуре, или текстуре смятия*, заметны следы правильной ориентировки частиц, но она нарушена вследствие смятия или взмучивания в полувязком состоянии. Эти структуры изучают также в разных плоскостях сечения, давая исчерпывающую характеристику их морфологии и размеров.

Флюидальные текстуры в виде сложной складчатости слоев или микрослоев, а также в виде микроразрывов указывают на деформацию осадков одновременно с отложением или сразу после него. В морских осадках складчатость возникает в результате подводного оползания на крутых склонах, при последующих процессах диагенеза и эпигенеза (обезвоживания и уплотнения материала и т.п.). В геоморфологическом отношении особенно интересны нарушенные текстуры некоторых континентальных отложений: оползневых, солифлюкционных, мерзлотных, ледниковых, карстовых и др.

Текстовые характеристики любых текстур сопровождаются фотографиями и зарисовками. Текстуры некоторых пород лучше всего наблюдать, фотографировать и срисовывать на поверхности обнажений в их естественном (незачищенном) виде, когда процессы выветривания, активное

воздействие внешних агентов препарируют и выявляют существующую слоистость.

*Поверхностные текстуры* представляют собой неровности плоскостей раздела слоистых пород. Они весьма разнообразны по форме и по происхождению. Часто встречаются следующие поверхностные текстуры: рябь, трещины, следы струй течения, следы волочения, псевдоморфозы по кристаллам, следы движения организмов, знаки внедрения.

Тектурные признаки играют большую роль в фациальном анализе. По ним можно судить о характере и динамических условиях среды отложения осадков, т.е. об их генезисе.

*Знаки ряби* характерны для поверхностей песчаных, алевроитовых пород и возникают в результате перемещения мелкообломочного материала в подвижной среде (ветер, водные потоки, морские или озерные течения и волнения). При изучении знаков ряби отмечают следующие признаки: расстояние между гребнями валиков (длина волны); высота гребней над основанием валиков (высота волны); индекс ряби (частное от деления первого на второе); форма валиков и углублений в поперечном сечении и в плане; строение валиков (состав, структура и текстура слагающего валик материала); взаимоотношения и ориентировка валиков в плане. После измерения и описания знаки ряби зарисовывают и фотографируют по возможности в плане и в поперечном разрезе.

*Трещины* характерны для пород, которые обладают способностью сильно изменять свой объем при изменении некоторых условий (температурных, влажности). Чаще всего приходится встречать трещины усыхания и морозобойные трещины.

Изучая трещины, описывают их форму и размеры, как в поперечном сечении, так и в плане, закономерности группировки, расстояние между ними, форму и размеры полигонов, обособленных со всех сторон трещинами. Чтобы установить эти признаки, трещины изучают на многих по-разному ориентированных разрезах, а также на больших расчистках по плоскости

напластования, охватывающих серии полигонов. Кроме обычных описаний, зарисовок и фотографирования, прибегают к составлению схем и планов расположения систем трещин и полигонов.

*Изучение ориентировки галек и валунов* заключается в установлении азимута и угла падения плоскости их наибольшего сечения и азимут длинной оси. Делают это непосредственно в поле с помощью горного компаса. В каждом обнажении изучают 100 обломков, которые затем подвергаются статистической обработке.

Результаты сводят в таблицы, процент обломков с азимутом длинной оси и линии падения в угловых (определенных) интервалах, например от 0 до 30°, от 30 ° до 60 ° и так далее. На основании таблиц составляют диаграммы - розы ориентировки длинных осей или линий падения плоскости максимального сечения галек, гистограммы, кумулятивные кривые ориентировки галек и др. Их анализ позволяет сделать вывод о направлении перемещения обломочного материала в различных условиях, его генезис.

*Изучение органических остатков* заключается в изучении таковых, принадлежащих животным и растительным организмам как крупным (макроскопическим), так и мелким (микроскопическим).

Каждую палеонтологическую находку изучают в отношении условий залегания, вмещающих отложений, сохранности. По этим признакам судят о способе захоронения, о первичном или вторичном (переотложенном) залегании. Переотложенные остатки опознают по окатанности, по наличию признаков разрушения и других следов изменения и сортировки в процессе переноса и переотложения. Такие остатки не могут быть использованы для полноценного палеогеографического анализа, а если и используются, то полученные выводы носят общий предварительный характер.

При изучении четвертичных отложений наиболее широко применяют изучение остатков млекопитающих, рыб, моллюсков, крупных растительных остатков: древесины, листьев, плодов, семян; микроскопических растительных остатков: спор и пыльцы (палинологический анализ); диатомей

(диатомовый анализ); фораминифер.

*Изучение контактов между слоями* заключается в установлении их выраженности (резкие или нерезкие и расплывчатые); очертания (ровные или неровные); выраженности по разрезу; проявления перехода одного слоя в другой. По условиям залегания подстилающих и кроющих отложений различают согласное (верхние слои залегают параллельно нижним) и несогласное (непараллельное залегание нижних и верхних слоев).

О том, как происходило накопление осадков - непрерывно или с перерывами, в первую очередь судят по характеру контактов. Ровные нерезкие контакты чаще всего свидетельствуют о непрерывном осадкообразовании, тогда как неровные резкие контакты - о наличии перерывов. Особое внимание следует уделять изучению неровных контактов, которые, обычно, бывают связаны с континентальными эрозионно-денудационными процессами и представляют, поэтому, большой интерес.

Данные фациально-геоморфологического анализа широко используются для построения геоморфологических карт, как общего, так и специального назначения. И, в первую очередь, он дает возможность более точно определить возраст, генезис и историю развития рельефа.

#### 4 Палеогеоморфологический анализ

Установить происхождение существующего рельефа земной поверхности - это значит не только узнать, под воздействием каких факторов он образовался, но также выяснить историю его формирования. Только путем общего палеогеоморфологического анализа с прослеживанием развития рельефа на протяжении возможно более продолжительного отрезка времени можно, в конце концов, познать и тот рельеф, который предстоит взору исследователя в настоящее время.

*Палеогеоморфологический анализ* основан на методах исторической геологии и палеогеографии. Стратиграфическое изучение толщ земной коры, их фациальный анализ позволяют судить о существовавших в различные отрезки геологического прошлого формах рельефа, их происхождении и последовательной смене во времени.

В конечном итоге историю рельефа восстанавливают по комплексу признаков (структурно-геологических, литолого-фациальных, возрастных) и прослеживают ее на фоне общего палеогеографического развития территории, т.е. в тесной взаимосвязи с развитием других, природных компонентов и в зависимости от эндогенных и экзогенных процессов.

При палеогеоморфологическом анализе особое значение приобретает изучение погребенного рельефа и выяснение возраста рельефа с подразделением его на различные возрастные генерации - реликты древних эпох рельефообразования.

Образование погребенного рельефа происходило во время перерывов осадконакопления, когда ранее отложенный материал подвергался более или менее значительной денудации. Прослеживая погребенные формы поверхности различных стратиграфических горизонтов, сравнивая их между собой, можно решать многие существенные вопросы геолого-географического и особенно геоморфологического развития территории.

Рельеф, созданный в более ранние эпохи существования суши, затем

полностью или частично перекрытый ледниковыми, вулканическими, морскими или другими отложениями, в погребенном состоянии сохраняет результаты древних этапов геоморфологического развития территории. Однако погребенный рельеф в его современном виде нельзя полностью отождествлять с тем рельефом, который сложился к моменту его захоронения. Последний мог подвергнуться преобразованию, во-первых, под воздействием морских трансгрессий, ледниковых потоков и других агентов денудации и, во-вторых, в результате неравномерных движений земной коры.

Из сказанного следует, что при геоморфологическом изучении погребенного рельефа приходится выяснять:

1. Строение существующего погребенного рельефа.
2. Характер и степень преобразования ранее существовавшего дневного рельефа во время и после его захоронения.
3. Происхождение, возраст погребенного рельефа и его влияние на формирование существующего видимого рельефа.

Предварительно погребенный рельеф изучают по имеющимся геологическим материалам, с помощью которых устанавливают стратиграфию отложений, общую историю палеогеографического развития территории, эпохи накопления и размыва осадков, фиксируемые неровными контактными поверхностями между слоями. Переходы между слоями затем специально изучают во время полевых исследований, уделяя особое внимание резким неровным контактам, которые часто бывают связаны с размывом. При описании таких контактов устанавливают их форму, абсолютные высоты, следы воздействия континентальных агентов на земную поверхность и другие признаки, указанные в предыдущем разделе об изучении контактов и форм осадочных тел.

Для изучения погребенного рельефа наиболее пригодны обнажения, которые вскрывают породы на большую глубину и на значительном протяжении (подмытые берега рек, глубокие овраги, выемки и пр.). По ним

нетрудно составить представление о характере неровностей контактных поверхностей и об их соотношениях с дневным рельефом. Но как бы ни была хороша обнаженность района, для изучения погребенного рельефа необходимо еще привлечь материалы бурения и геофизической разведки.

На основании всех имеющихся материалов определяют возможно большее количество абсолютных отметок изучаемой поверхности размыва и затем составляют профили и карту погребенного рельефа в горизонталях. Прежде чем полученной карте давать палеогеоморфологическую интерпретацию, необходимо еще установить характер и степень преобразования рельефа во время и после его захоронения. С этой целью изучают породы непосредственно перекрывающего комплекса осадков. Если обнаружены осадки морского происхождения, то вероятность изменения ранее сформированного континентального рельефа достаточно большая. Правда, это зависит от характера ранее существовавшего рельефа (возвышенный расчлененный рельеф и низменный выровненный).

Рельеф может быть погребен также под континентальными отложениями различного генезиса (речного, ледникового, эолового, склонового). При этом обычно сохраняются ранее существовавшие формы, особенно в местах эоловой или склоновой аккумуляции, где нередко наблюдаются погребенные элювиальные образования, погребенные почвы и торфяники. Более значительные изменения рельеф претерпевает в процессе ледниковой аккумуляции, которая местами сопровождается ледниковой эрозией и эрозией талых подледниковых вод. Степень подобного преобразования учитывают при палеогеоморфологической интерпретации погребенного рельефа. Очень важно также определить степень тектонической деформации погребенного рельефа.

Топографическое изучение погребенного рельефа сопровождают анализом его морфологии, соотношений с подстилающими структурами и литологией пород, фациальным анализом слагающих его коррелятных отложений. По этим данным судят о генезисе и возрасте погребенного

рельефа.

Обычно геологическое развитие территории характеризуется многократной сменой эпох накопления и размыва осадков. Поэтому приходится изучать ископаемый рельеф не одной какой-либо эпохи размыва, а нескольких, следовавших одна за другой. Это позволяет проследить палеогеоморфологическое развитие территории с очень отдаленного времени на фоне общего палеогеографического ее развития, подразделить исторический процесс на ряд этапов, установить специфические особенности каждого из них, закономерности смены одного этапа другим, последовательное становление существующего дневного рельефа.

В конечном итоге выясняют, как последовательное развитие земной поверхности завершилось образованием видимого рельефа, и какие соотношения сложились между ним и различными возрастными генерациями (ярусами) погребенного рельефа. В зависимости от этих соотношений могут быть выделены следующие типы видимого рельефа; прямой, или унаследованный, обращенный (инверсионный), или перестроенный и откопанный.

Изучение погребенного рельефа и его соотношений с видимым рельефом имеет большое практическое значение, например, при поисках полезных ископаемых (угля, нефти, бокситов и др.), гидрогеологических исследованиях (особенно в засушливых районах, где погребенные понижения могут быть вместилищами пресных вод), изысканиях для целей гидроэнергетического строительства (при изучении погребенных долин) и тому подобное. Для этого широко используют материалы полевых наблюдений, бурения, геофизические, палеонтологические, палинологические, минералогические, петрографические, фациальные и другие методы.

Сохранившиеся остатки древнего рельефа в виде погребенных и дневных форм различного генезиса и возраста вместе с отложениями позволяют осуществить палеогеоморфологические реконструкции по



основным этапам общего палеогеографического развития изучаемой территории.

При решении этой задачи необходимо заниматься, прежде всего, реконструкцией так называемого первичного рельефа. Первичным называют тот рельеф, который данная территория имела в эпоху своего возникновения в форме суши, впервые выступившая из-под уровня моря или освободившаяся из-под покрова льда. Первичный рельеф характеризует начальный (исходный) момент формирования дневной поверхности суши.

В качестве особой категории первичного рельефа выделяют первично-тектонический рельеф, формы которого обусловлены тектоническими движениями земной коры. Строго говоря, рельеф аккумулятивных и денудационных равнин также можно рассматривать как первично-тектонический, поскольку он отражает общие, волновые или даже зачаточные складчатые движения земной коры. Например, на фоне аккумулятивной Прикаспийской равнины выделяются слабо выраженные первично-тектонические формы в виде линейно вытянутых плоских поднятий и понижений.

Некоторые формы совмещают качества первичного и вторичного (конечного) рельефа. Так, денудационные равнины (поверхности выравнивания) представляют собой результаты длительного континентального развития (конечный пенеплен В. Пенка) и в то же время стоят в начале нового цикла развития рельефа, обусловленного поднятиями земной коры и последующим расчленением. Эрозионно-денудационный долинно-балочный рельеф равнин можно рассматривать как первичный по отношению к овражному рельефу, возникшему в историческое время в результате деятельности человеческого общества - уничтожения естественной растительности и сельскохозяйственного освоения земель.

Из сказанного вытекает, что характеристика первичного рельефа должна содержать ряд признаков: морфология и возраст рельефа, обусловленного в основном экзогенными факторами, морфология и возраст

рельефа, обусловленного тектоникой. Изучение первичного рельефа не встречает больших затруднений, когда он хорошо сохранился. Если же от него остались лишь фрагменты на вершинах водоразделов, первичный рельеф реконструируют на основании изучения таких фрагментов вместе с сохранившимися на них коррелятными отложениями.

Полностью разрушенный первичный рельеф восстанавливают на основании изучения прилегающей территории, где он, возможно, сохранился хотя бы небольшими обрывками, а также по косвенным признакам, в первую очередь геологическим.

Результаты палеогеоморфологического анализа и палеогеоморфологических реконструкций отображают различными графическими способами, но главным образом с помощью карт. В зависимости от содержания могут быть следующие категории палеогеоморфологических карт.

1. Палеоорографические карты и схемы, палеогипсометрические и палеотопографические карты.
2. Карты возраста рельефа или морфохронологические карты.
3. Карты собственно палеогеоморфологические с широкой общей реконструкцией геоморфологической обстановки в определенный этап развития земной поверхности.

Карты первой категории посвящены отображению чисто внешних (морфографических и морфометрических) черт рельефа. На палеоорографических картах и схемах выделяют горные поднятия, возвышенности и низменности, горные хребты, гряды, речные долины и другие орографические единицы. Все эти элементы нагрузки показывают обобщенно цветным фоном, штрихами, линейными условными знаками.

Если позволяет фактический материал, то составляют палеогипсометрические и палеотопографические карты, на которых внешний облик рельефа передают с помощью горизонталей. Примером их могут служить схематические карты рельефа кристаллического фундамента,

поверхности палеозойских отложений и доакчагыльского рельефа Саратовского Заволжья в масштабе 1 : 500 000 под редакцией П.М. Быстрицкой.

На морфохронологических картах отображаются результаты определения возраста рельефа. Каждая возрастная генерация форм и элементов рельефа выделяется своим цветным фоном. Подобные карты, дополненные морфогенетическими показателями, позволяют прочесть историю рельефа и выполнить некоторые палеогеоморфологические реконструкции.

Собственно палеогеоморфологические карты подразделяются на различные виды в зависимости от того, на что делается упор в характеристике палеорельефа, с какой полнотой и детальностью дается эта характеристика. Создание полной и детальной палеогеоморфологической карты - очень сложная задача, которая требует восстановления внешнего облика рельефа и его генетической оценки. Обычно на палеогеоморфологических картах (схемах) выделяют наиболее крупные единицы рельефа с их общей орографической и генетической характеристикой. Изображение палеорельефа нередко совмещают с некоторыми палеогеографическими показателями. Многие палеогеографические карты по своему основному содержанию скорее заслуживают название палеогеоморфологических.

Следует стремиться к созданию серии палеогеоморфологических карт, так как посредством их создается наглядное представление об истории формирования рельефа изучаемой территории. Подобные палеогеоморфологические карты могут быть широко использованы для решения различных теоретических и практических задач.

Историко-генетический принцип геоморфологического картографирования, разработанный в Саратовском государственном университете имени Н.Г. Чернышевского, является наиболее достоверным и

объективным при составлении не только общих геоморфологических карт, но и палеогеоморфологических.

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

## 5 Изучение современной динамики рельефа

Современную динамику рельефа изучают на фоне существующей географической обстановки, то есть на фоне культурного или хозяйственного ландшафта и в связи с деятельностью населения. Последняя оказывает огромное воздействие на ход рельефообразующих процессов, и сама в значительной степени зависит от них. Таким образом, анализ современной динамики рельефа дает материал для оценки одного из существенных условий хозяйственной деятельности населения, а также для прогноза развития рельефа в ближайшем будущем, что очень важно в практическом отношении.

Изучение современной динамики рельефа включает изучение совершающихся в настоящее время сноса, перемещения и аккумуляции рыхлого материала и образующихся при этом современных отложений. Чем длительнее отрезок времени, на протяжении которого выясняют развитие рельефа, тем ценнее полученные результаты.

Методы, применяемые для изучения динамики рельефа, могут быть экспедиционные и стационарные.

*При экспедиционных исследованиях применяют:*

1. Метод непосредственного наблюдения рельефообразующих процессов.

2. Методы косвенного изучения: а) морфологический; б) геологический; в) почвенный; г) геоботанический; д) метод изучения соотношений между формами рельефа и объектами хозяйственной деятельности.

3. Опросный метод.

4. Картографический метод.

*Метод непосредственного наблюдения рельефообразующих процессов во время экспедиционных исследований, проводимых в течение одного – двух полевых сезонов, может быть использован лишь в ограниченной*

степени. Подходящие условия для этого складываются при чрезвычайных состояниях погоды, во время сильных ливней, ветров, бурного снеготаяния, сильного волнения, а также во время вулканических извержений, землетрясений, когда воочию можно наблюдать происходящие явления и большие изменения рельефа.

*Косвенные методы* во время экспедиционных исследований применяют более широко, так как они позволяют судить о современных геоморфологических процессах по их сохранившимся результатам.

*Морфологический метод* основан на том, что современная динамика рельефа сказывается в его внешнем облике и происхождении. Как правило, наиболее динамичные, т.е. энергично развивающиеся, формы рельефа обладают резкими очертаниями, крутыми склонами, благодаря чему они резко выделяются на местности и хорошо опознаются на топографических картах и аэрофотоснимках. Таковы обвально-осыпные, оползневые склоны, абразионные уступы, овраги, ущелья и др. Крутизну склонов используют как показатель качественного своеобразия и интенсивности современных склоновых и флювиальных процессов.

*Геологический метод* основан на том, что современная динамика земной поверхности сопровождается перемещениями вещества и образованием современных отложений. Места интенсивной денудации (гравитационного срыва, смыва, дефляции и прочее) опознаются по выходам непосредственно на дневную поверхность коренных пород или четвертичных осадков, совсем, или почти совсем, не затронутых выветриванием.

О величине сноса судят по высоте нано- и микроостанцов, например, земляных куч, пирамидок, защищенных на вершине щебневыми обломками, по вторичной оголенности некоторых естественных объектов, например, корней деревьев на участках интенсивного смыва и дефляции. Возраст растений указывает предел длительности денудации.

О величине аккумуляции судят по мощности современных отложений. Если удастся определить абсолютный возраст последних, например, по

возрасту захороненных органических остатков или археологических находок, то вычисляют также скорость аккумуляции.

*Почвенный метод* заключается в определении интенсивности денудации путем сопоставления нормально развитых и денудированных почв одного и того же типа, сформировавшихся в сравнимых условиях. Денудированные почвы характеризуются меньшей мощностью за счет укорачивания и даже полного выпадения верхних горизонтов. Неравномерность современной денудации обычно создает микрокомплексность почвенного покрова, так что на одном и том же склоне рядом с уничтоженными почвами встречаются нетронутые почвы, которые могут служить эталоном.

Площади современной аккумуляции опознают по наличию рыхлых отложений, часто сильно гумусированных, окрашенных в темный цвет, как бы нарастающих верхний (гумусный) горизонт современных почв. В местах интенсивной аккумуляции почвы недоразвиты или даже совсем неразвиты.

*Геоботанический метод* позволяет судить об интенсивности денудации по характеру растительного покрова, его видовому составу, плотности (сомкнутости), признакам механического воздействия денудационных агентов на стебли и корни растений.

На интенсивно денудированных поверхностях растительность полностью отсутствует или же представлена единичными экземплярами растений, способных укорениться в неустойчивом грунте. С ослаблением денудации поселяются новые виды растений, их разнообразие и плотность возрастают.

Аналогичные стадии развития растительности наблюдаются на площадях современной аккумуляции. Поверхности интенсивной аккумуляции обычно голые или покрыты скудной травянистой растительностью. По мере ослабления аккумуляции травянистый покров становится все более и более разнообразным по своему составу и более плотным.

*Изучение соотношений между формами рельефа и отложениями*, с одной стороны, и объектами хозяйственной деятельности, с другой, позволяет оценивать не только величину происшедших изменений, но также их время и интенсивность, так как время создания тех или иных хозяйственных объектов может быть установлено с большой точностью. Здесь имеются в виду непосредственно наблюдаемые на местности следы разрушений или повреждений зданий, дорог, плотин, сельскохозяйственных угодий оврагами, оползнями, карстовыми и суффозионными процессами, заносы тех же объектов эоловыми, селевыми, пролювиальными и другими накоплениями.

*Опросный метод* позволяет получить сведения о конкретных проявлениях современного рельефообразования и их интенсивности у лиц или организаций, ответственных за эксплуатацию различных искусственных сооружений (мостов, дорог, зданий и других), у местных жителей, давно и хорошо знающих свой район: агрономов, учителей, землеустроителей.

*Картографический метод* позволяет получить количественные сведения о динамике рельефа путем сравнения топографических карт, планов, перспективных и плановых аэрофотоснимков и космоснимков между собой и с непосредственно наблюдаемой местностью во время экспедиции. Возможность применения этого метода тем обширнее и результаты его тем точнее, чем крупнее масштаб карт или снимков, чем точнее карты, чем длительнее срок, отделяющий топо- и фотосъемку от экспедиционных исследований, чем динамичнее формы рельефа и чем ярче отображаются они на картах и снимках.

Комплексная методика на основе указанных выше методов, позволяет дать наиболее полную и точную характеристику современной динамики рельефа, избежать ошибочных выводов, которые могут быть допущены, когда принимают во внимание лишь отдельные разрозненные факты.

*Стационарные и полустационарные* исследования в отличие от экспедиционных осуществляются в течение длительного времени, но



охватывают лишь сравнительно небольшой участок или несколько участков в наиболее характерных местах. Эти исследования по преимуществу инструментальные и направлены на изучение: 1) динамики земной поверхности; 2) динамики вещества земной коры, внешним выражением которой являются изменения рельефа, и 3) рельефообразующих факторов (процессов). Они позволяют оценить динамику рельефа в точных количественных показателях с выяснением функциональных или корреляционных зависимостей. Полученные результаты дополнительно используют для характеристики динамики рельефа и в тех местах, где за отсутствием стационаров наблюдения проводят только указанными выше экспедиционными методами.

Динамику земной поверхности изучают путем повторных визуальных наблюдений, повторной топогеодезической съемки, повторных плановой и перспективной фотосъемок.

*Визуальные наблюдения* включают все то, что делают при экспедиционных исследованиях, то есть общий осмотр рельефа участка, составление схематического плана распределения объектов наблюдений, зарисовку деталей, фотографирование, опрос населения, сбор сведений в организациях, непосредственное наблюдение быстрых изменений рельефа, совершающихся при особо благоприятных обстоятельствах, и прочее.

*Повторная топогеодезическая съемка* служит основным методом изучения динамики земной поверхности. Масштаб съемки должен быть настолько крупным, чтобы улавливались даже относительно незначительные изменения рельефа.

Повторное проведение топогеодезических работ позволяет установить размеры и интенсивность планового и высотного смещения отдельных элементов рельефа и изменение рельефа земной поверхности на территории стационара в целом.

Для изучения динамики вещества на земной поверхности применяют следующие методы.

*Метод повторных замеров* свободной длины неподвижных стержневых реперов (метод стержней) служит для измерений толщины современного сноса и осадконакопления. Стержни (рейки, штыри, шпильки и прочее), лучше всего металлические, забивают вертикально в грунт на такую глубину, чтобы: 1) обеспечить полную их устойчивость; 2) длительное существование в условиях сноса материала. Высота стержней должна обеспечивать продолжительное наблюдение аккумуляции наносов. Периодически измеряют высоту стержней над земной поверхностью и по этим данным судят о мощности сноса или аккумуляции. Этот метод особенно применим для измерений смыва, дефляции, эрозии, абразии, аккумуляции и других процессов, совершающихся непосредственно на земной поверхности.

*Метод повторных замеров мощности слоя* над искусственным или естественным маркирующим слоем (метод пластовых реперов). Искусственный пластовый репер создают путем разбрасывания на земной поверхности металлических опилок, окрашенного песка, извести, закрепления эоловых песков воднобитумной эмульсией, закладывания металлических пластин. Поверх маркирующего горизонта продолжается осадконакопление, размеры которого периодически определяют бурением или прокалыванием металлическими иглами (до твердых пластовых реперов).

*Метод повторных замеров подвижных объектов* на земной поверхности (*метод марок*) позволяет следить за движением самых верхних горизонтов почвенно-грунтовых масс и обломочных горных пород. В качестве «марок» используют отдельные каменные обломки, окрашиваемые для того, чтобы сделать их хорошо заметными, кольца или узлы колец, движущиеся вместе с горными породами. Положение марок периодически определяют относительно неподвижных опорных пунктов с помощью геодезических инструментов, фототеодолитов.

*Метод повторных замеров подвижных глубинных реперов* применяют для изучения движений горных пород на некоторой глубине. Репера

закладывают вертикально на предполагаемую глубину движения пород. Различают чурочные репера, состоящие из отдельных цилиндров или брусков, вкладываемых в вертикальный шурф, и скважины, заполненные хорошо заметным посторонним материалом (щебенкой, битым кирпичом и т. п.). Через некоторое время на стенке специально вырытого шурфа отмечают деформации глубинного репера, который приобретает наклонное положение, изгибается, разрывается по поверхности скольжения, непосредственно указывая размер оползневых, оплывных, дефлюкционных, солифлюкционных смещений горных пород.

*Метод «меченых», или «маркированных» компонентов* применяют для изучения движения материала на земной поверхности и на глубине. Заключается он в подмешивании к подвижным средам (циркулирующим подземным и поверхностным водам, рыхлым наносам) таких веществ, которые легко опознаются в любом месте, где они оказываются через некоторое время. Зная пункт (или пункты) введения меченых компонентов, определяют направление, размеры и скорость движения наносов. Для маркировки используют красящие и другие вещества с особыми свойствами, резко отличающимися их от обычных свойств рыхлых отложений. В последнее время стало возможным применять для этих целей радиоактивные изотопы.

*Балансовый метод* заключается в определении величины минерального стока и площади бассейна сноса или осадконакопления. Наблюдения производят на стоковых площадках, створах водотоков, расположенных на разных элементах рельефа с различными природно-хозяйственными условиями. Анализируя результаты подобных массовых длительных наблюдений и измерений твердого и жидкого стока, можно найти величину минерального стока и ее колебания в зависимости от местных условий, толщину слоя сноса или аккумуляции в разных местах.

На картах современной динамики рельефа характеризуют качественное своеобразие, направленность (денудация или аккумуляция) и интенсивность современных рельефообразующих процессов. Каждому

рельефообразующему агенту присваивают свой тон (цвет). Интенсивностью тона (цвета) передают интенсивность соответствующего процесса. В зависимости от полученных материалов, интенсивность процессов отображают в бальной шкале от слабых (очень слабых) до сильных (очень сильных), подкрепляя выделенные категории качественными и количественными показателями. Объекты, которые не выражаются в масштабе карты (овраги, оползни, обвалы, осыпи и многое другое) обозначаются значками. Примером такой карты может служить «Карта современных экзогенных геологических процессов территории Нижнего Поволжья» в масштабе 1 : 500 000 (авторский макет).

Наиболее наглядно динамика рельефа передается посредством серии карт (планов) и профилей, составленных по точным инструментальным данным на различные отрезки времени.

## Литература

1. Симонов Ю.Г. Геоморфология. Методология фундаментальных исследований. – СПб.: Питер, 2005. – 427 с.
2. Симонов Ю.Г., Болысов С.И. Методы геоморфологических исследований. Методология. – М.: Аспект Пресс, 2002. – 191 с.
3. Спиридонов А.И. Основы общей методики полевых геоморфологических исследований и геоморфологического картографирования. – М.: Издательство «Высшая школа», 1970. – 455 с.
4. Чемяков Ю.Ф., Ганешин Г.С., Соловьев В.В. и др. Методическое руководство по геоморфологическим исследованиям. – Л.: Недра, 1972. – 383 с.
5. Востряков А.В., Зайонц В.Н., Наумов А.Д., Романов А.А., Философов В.П. Геоморфологическое картирование равнин. – Саратов: Изд-во СГУ, 1974. – 161 с.
6. Современный рельеф. Понятие, цели и методы изучения. Отв. ред. О.В. Кашменская, Г.А. Чернов. – Новосибирск: Наука, 1989. – 155 с.
7. Генезис рельефа. Отв. ред. Н.А. Логачев, Г.Ф. Уфимцев. – Новосибирск: Наука, 1998. – 174 с.
8. Леонтьев О.К., Рычагов Г.И. Геоморфология. – М.: Изд-во «Высшая школа», 1988. – 318 с.
9. Галицкий В.И. Основы палеогеоморфологии. – Киев: Изд-во «Наукова думка», 1980. – 224 с.
10. Тимофеев Д.А. Размышления о фундаментальных проблемах геоморфологии. – М.: Медиа-Пресс, 2011. – 527 с.

## Содержание

1 Морфология и морфометрия рельефа, его генезис, возраст, история развития и их изучение	3
2 Структурно-геоморфологический анализ	15
3 Фациально-геоморфологический анализ	20
4 Палеогеоморфологический анализ	29
5 Изучение современной динамики рельефа	37
Литература	45

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского