



# ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ СИБИРИ

НОВОСИБИРСК-1978

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ  
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ

*В. С. Савельев*  
*11/12-79*  
*В. С. Савельев*

# ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ СИБИРИ

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

*11* *Мунова* *79*  
*январь*

*15*  
*Савельев*

НОВОСИБИРСК-1978

## АННОТАЦИЯ

Сборник отражает инициативу сибирских геоморфологов в развитии нового учения о геоморфологических формациях. С одной стороны в нем рассматриваются важнейшие теоретические положения, а с другой — региональные материалы и практические выводы. Отмечается особое значение формационного анализа рельефа в отношении рационального освоения и охраны земельных ресурсов Западно-Сибирской равнины.

## ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР

доктор геолого-минералогических наук *В. А. Николаев*

Печатается по решению секции стратиграфии, тектоники, литологии и осадочных полезных ископаемых Ученого совета Института геологии и геофизики СО АН СССР.

© Институт геологии  
и геофизики СО АН СССР  
1978.

## ПРЕДИСЛОВИЕ

За последние тридцать лет развитие геоморфологических исследований в нашей стране проходило в направлении установления необходимых контактов с рядом смежных дисциплин и широкого использования их важнейших достижений в познании природы рельефа нашей планеты. В связи с решением многих практических задач наиболее значительные успехи были достигнуты в области сближения геоморфологии и палеогеографии и объединения совместных усилий в научном обосновании поисковых работ. Трудно переоценить значение указанных исследований в развитии советской геологии, в итоге проведения которых вышли из печати многие оригинальные монографии. К их числу может быть отнесена и многотомная серия по истории развития рельефа Сибири и Дальнего Востока.

Разработка проблем и методов палеогеоморфологии способствовала стиранию границ между геологией, геоморфологией и географией и привела к определенной недооценке наших усилий в области изучения морфологии и морфометрии рельефа и его изменений под влиянием современных процессов рельефообразования. Говоря об этом, мы не умаляем большие возможности исторического подхода к решению интересующих нас проблем, но считаем, что основное содержание геоморфологии не должно выходить за рамки пристального изучения современного рельефа.

Большое научное и практическое значение палеогеоморфологии как особого раздела геологии состоит не только в том, что она открыла новые пути в научном обосновании поисковых работ, но и внесла много нового для обоснования общей теории геоморфологии как самостоятельной науки. Опубликованные монографии о результатах палеогеоморфологических исследований, в том числе и многотомной серии по истории развития рельефа Сибири и Дальнего Востока, убедительно свидетель-

ствуют о том, что палеорельеф следует рассматривать «как понятие геологическое, а не собственно геоморфологическое». Итоги палеогеоморфологических исследований раскрывают предисторию формирования поверхности нашей планеты, но не играют ведущую роль в познании современных процессов рельефообразования.

Высказанные положения весьма созвучны с обоснованными высказываниями Н.А.Флоренсова о рациональных границах геоморфологического анализа. Одновременно они очень близки к его предположению о внесении в геоморфологию очень важного нового понятия о геоморфологической формации. Мы полностью разделяем представления Н.А.Флоренсова о том, что под геоморфологической формацией следует понимать «естественное и исторически обусловленное сочетание форм земной поверхности, связанных друг с другом единством места и времени и существующих при определенном тектоническом и климатическом режиме, порождающих тот или иной способ их (т.е. форм рельефа) подвижного равновесия». Следует особо подчеркнуть, что исходные положения учения о геоморфологических формациях принципиально отличны от тех установок, которые заложены в основу проведения морфоструктурных и морфоскульптурных исследований. Их различие не только в неравнозначной оценке роли эндогенных и экзогенных факторов на формирование рельефа, но и в соблюдении определенной методической последовательности. Формационный анализ требует от исследователя большой «эрудиции в геоморфологии (рельеф) и в геологии (вещественно-структурная основа)», и далеко не случайно постановка вопроса о новом направлении в проведении геоморфологических исследований в настоящее время находится в полном соответствии с высоким уровнем геоморфологических и геологических знаний.

Коллектив лаборатории геоморфологии и неотектоники Института геологии и геофизики СО АН СССР сравнительно недавно вплотную подошел к обоснованию исходных положений нового учения о геоморфологических формациях на базе ранее проведенных коллективных исследований по истории развития рельефа Сибири и Дальнего Востока. За последние годы научные сотрудники лаборатории опубликовали целый ряд работ, в которых рассмотрели теоретические и практические аспекты поставленной проблемы. К числу последних следует отнести глубокий исторический подход, всесторонний учет геологической составляющей (состав и структура субстрата) и детальный анализ рельефа с позиций оценки динамического воздействия геосфер

на протяжении всей истории его развития и формирования современного геоморфологического ландшафта. В настоящем сборнике мы не дублируем ранее высказанные положения, а стремимся к дальнейшему расширению границ формационного анализа рельефа нашей планеты с целью более эффективного решения ряда очень важных прикладных задач. Статьи данного сборника отражают дальнейший этап в развитии наших представлений об основах формационного анализа, и поэтому их выводы могут быть использованы в дальнейшей работе только при условии детальной проработки ранее опубликованных материалов по данному вопросу.

За последние годы о геоморфологических формациях были опубликованы довольно многочисленные работы. К большому сожалению, в широких кругах геоморфологов и геологов изложенные в них положения не получили необходимой поддержки за исключением краткокого положительного отклика И.П.Герасимова, но и не встретили никаких возражений. Длительная задержка в развитии нового учения в геоморфологических формациях находит свое объяснение в том, что теоретический синтез новых данных о рельефе Земли относится к числу самых сложных проблем геоморфологии. Вместе с этим нельзя закрывать глаза на то, что в наши дни она непрерывно наращивает свой теоретический и практический потенциал благодаря широкому использованию космической информации, разработке новых приемов комплексного анализа и освоения электронно-вычислительной техники. Геоморфология весьма успешно развивает свои контакты со всеми подразделениями географии и геологии. На грани смежных научных направлений происходит взаимное обогащение поисковой информацией, на базе которой определяются прогрессивные теоретические воззрения. В их числе всеобщее внимание должно привлечь сейчас и новое учение о геоморфологических формациях, так как оно не только объединяет усилия геоморфологов и геологов, о которых мы говорили выше, но и укрепляет тесное содружество геоморфологов и географов широкого профиля.

На протяжении последних пятидесяти лет во всех подразделениях естественных наук произошла большая дифференциация в формировании новых научных направлений на пути познания природы нашей планеты. В условиях дальнейшего наращивания центростремительных сил в развитии естественных наук большую роль должна сыграть геоморфология, так как она одна обладает неисчерпаемыми запасами центростремительных сил, способных удержать на определенной орбите все известные

и вновь возникающие направления в изучении очень сложных и взаимосвязанных природных явлений. Притягательная способность геоморфологии состоит не только в том, что общая морфология и история развития рельефа Земли отражает в себе борьбу эндогенных и экзогенных сил, но и в том, что рельеф предопределяет направленное развитие главных элементов географического ландшафта.

Изложенные соображения позволяют говорить о том, что формационный анализ горного и равнинного рельефа в самое ближайшее время будет широко использован при проведении различных тематических исследований и составлении оригинальных атласов природных формаций. В связи с этим мы не разделяем излишнюю осторожность в отношении признания нового направления в развитии геоморфологии, основы которого впервые очень четко сформулировал в 1924 г. В. Пенк. Он писал, что «для формирования земной поверхности решающее значение имеет соотношение интенсивности эндогенных и экзогенных перемещений масс». На новом уровне наших современных представлений его весьма плодотворные высказывания приобретают особое значение и в публикуемых статьях настоящего сборника рассматриваются с необходимой детальностью.

Мы прекрасно понимаем, что статьи настоящего сборника не в полной мере созвучны с его наименованием, так как публикуемые материалы в значительной части освещают результаты очень сложного научного поиска. В связи с этим предлагаемый сборник можно было бы издать под наименованием «Некоторые вопросы геоморфологической теории». По многим соображениям мы все же поставили во главу угла геоморфологические формации. Прямо или косвенно любая статья сборника освещает поставленную проблему. С одной стороны рассматриваются ее ведущие теоретические положения, а с другой — региональные материалы и практические выводы. Одновременно с этим выход в свет нашего сборника под наименованием «Геоморфологические формации Сибири» полнее отражает инициативу сибирских геоморфологов в развитии новых направлений в изучении рельефа нашей страны. Хочется высказать определенную уверенность в том, что наши выводы по основным вопросам поставленной проблемы на этот раз не останутся без внимания, а послужат предметом доброжелательных критических обсуждений.

В заключение мы не можем не отметить особое значение формационного анализа рельефа в отношении рационального освоения и охраны земельных ресурсов Западно-Сибирской равнины. В результате проведенных исследований было установ-

лено, что каждая зона сопряжения различных геоморфологических формаций на ее территории является наиболее опасной в направлении развития водной и ветровой эрозии и в возможном распространении вторичного засоления почв и грунтовых вод. Вместе с этим указанные зоны отражают так же и ранее неизвестные, но очень важные, закономерности в формировании своеобразных природных ландшафтов, сельскохозяйственное освоение которых необходимо проводить с учетом многих исходных данных.

Обширный круг вопросов, затронутых в сборнике, делает его интересным и полезным в деле дальнейшего развития нового учения о геоморфологических формациях и в решении ряда практических задач.

*В.А. Николаев*

**ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ И ПУТИ  
РАЦИОНАЛЬНОГО ОСВОЕНИЯ И ОХРАНЫ  
ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ЮЖНЫХ РАВНИН  
ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

Южные равнины Западной Сибири относятся к числу главнейших сельскохозяйственных районов нашей страны. В связи с широким освоением целинных и залежных земель на их территории за последние двадцать лет были распаханы весьма большие массивы плодородных почв, и в ряде районов возникли очаги водной и ветровой эрозии. Благодаря своевременному проведению различных мероприятий эти процессы были приостановлены, но на пути наиболее рационального освоения и охраны природных ресурсов южных равнин Западной Сибири стоят еще большие трудности. В основном они проистекают по причине отсутствия хорошо обоснованных приемов и методов природоохранного районирования. На данном этапе в отечественной литературе главнейшее внимание уделено констатации фактов водной и ветровой эрозии и освещению известных приемов борьбы с указанными явлениями применительно к тем или иным районам. К большому сожалению до настоящего времени нет опубликованных работ, в которых были бы изложены принципиальные основы природоохранного районирования интересующей нас территории с позиций познания потенциальных возможностей развития эрозионных процессов.

В основе природного районирования любой области лежат сложившиеся представления о географическом ландшафте. Под этим определением принято понимать тот или иной «участок поверхности суши, окаймленный естественными границами, в пределах которых природные компоненты (горные породы, рельеф, климат, воды, почвы, растительность, животный мир) образуют взаимосвязанное и взаимообусловленное единство» (МСЭ, т.5, 1959, стр.350).

В приведенном определении, так же как и во многих высказываниях по этому вопросу, изложенных в целом ряде опубликованных монографий по ландшафтоведению, не акцентировано внимание на том, что рельеф является основой географического ландшафта и во многом определяет характер его главнейших элементов. Одновременно с этим в приведенном определении не отмечено также значение морфометрических и морфологических особенностей современного рельефа. Современный рельеф, его

морфологическая характеристика и этапы его последовательного формирования, несомненно, оказали весьма существенное влияние на направленное развитие тех или иных ландшафтов, так как в любой природной системе в великом разнообразии географических условий всегда надо выделять главнейшие ведущие элементы и определять их роль и значение в решении теоретических и практических задач.

В свете высказанных положений решающий шаг вперед в решении рассматриваемого вопроса можно сделать только при условии широкого внедрения в программу научных исследований нового учения о геоморфологических формациях, впервые обоснованного в оригинальных работах Н.А.Флоренсова (1971, 1976). Под геоморфологической формацией он понимает «естественное и исторически обусловленное сочетание форм земной поверхности, связанные друг с другом единством места и времени и существующие при определенном тектоническом и климатическом режиме, порождающих тот или иной способ их (т.е. форм рельефа) подвижного равновесия». Следует особо подчеркнуть, что исходные положения учения о геоморфологических формациях принципиально отличны от тех установок, которые заложены в основу проведения морфоструктурных и морфоскульптурных исследований. Их различие не только в оценке роли эндогенных и экзогенных факторов на формирование рельефа, но и в соблюдении определенной методической последовательности. Формационный анализ требует от исследователя большой «эрудиции в геоморфологии (рельеф) и в геологии (вещественно-структурная основа)»; и далеко не случайно постановка вопроса о новом направлении в проведении геоморфологических исследований в настоящее время находится в полном соответствии с высоким уровнем геоморфологических и геологических знаний.

По нашим представлениям, под геоморфологической формацией следует понимать природную систему, в которой все ее элементы (атмосфера, гидросфера, биосфера, литосфера, тектоносфера) находятся в тесном взаимодействии и в процессе естественно-исторического развития формируют определенную совокупность форм земной поверхности в прямой зависимости от характера проявления эндогенных и экзогенных процессов, порождающих исходные позиции их подвижного равновесия. В отличие от всех существующих приемов геоморфологического картирования рельеф геоморфологических формаций должен отражать качественные изменения физико-географических и тектонических явлений широкого регионального охвата, которые сыграли решающую роль не только в истории формирования глав-

нейших элементов общей морфологии земной поверхности, но и в определении пути рационального освоения и охраны ее природных ресурсов. Научный метод, положенный в основу выделения геоморфологических формаций, состоит в поэтапном рассмотрении палеорельефов обширных территорий на протяжении всей истории и «предыстории» рельефа, т.е. как правило, на протяжении мезозойской и кайнозойской эр, а в отдельных случаях — и на протяжении более древних эр в истории земли. Современный рельеф геоморфологической формации при таком подходе предстает как заключительное звено в длинной и сложной цепи палеогеографических явлений. Геоморфологическая формация—это высшая единица регионального рельефа. Она отражает «динамическое единство геологического субстрата и термодинамические условия его существования и развития».

В приведенном определении ясно охарактеризованы принципы, методы и критерии формационного геоморфологического анализа, и, далеко не случайно, зарождение и развитие нового учения о геоморфологических формациях возникло в тот период, когда все весьма многочисленные подразделения естественных и частично технических наук достигли картографической зрелости. Пристальное изучение и сопоставление самых различных картографических материалов с картами геоморфологических формаций позволяет сделать очень важные научные и практические выводы в отношении наиболее рационального использования и охраны природных ресурсов.

На территории южных равнин Западной Сибири мы выделяем три геоморфологические формации: а) предгорных равнин; б) аллювиальных равнин; в) денудационных равнин. Последние этапы развития первой геоморфологической формации неразрывно связаны с активизацией неоген-четвертичных движений в пределах распространения структур Кольвань-Томской складчатой зоны, Салаирского кряжа и Алтае-Саянской области. На большей части предгорных равнин палеозойские отложения непосредственно выходят на дневную поверхность или залегают на сравнительно незначительной глубине. Вследствие этого главнейшие положительные и отрицательные формы современного рельефа предгорных формаций отражают тесную взаимосвязь с плановым расположением ведущих структур палеозойского фундамента и наследуют их господствующие простирания. Абсолютные отметки на большей части предгорных равнин колеблются в пределах 200-300 м. Основу их рельефа составляют широко развитые разнотипные формы овражно-балочной сети. По сравнению со всеми другими геоморфологическими формациями Западно-Сибирской равнины

описываемая область характеризуется максимальными значениями густоты расчленения рельефа, глубины расчленения рельефа и уклонов земной поверхности. На большей части предгорных равнин развит мощный покров субаэральных и субаквальных среднечетвертичных и верхнечетвертичных лессовидных отложений. Их мощность постепенно уменьшается при движении к приподнятым районам площадного развития палеозойских пород.

В качестве иллюстрации к более детальной морфометрической характеристике геоморфологической формации предгорных равнин мы считаем необходимым кратко остановиться на анализе рельефа Березовского совхоза (Маслянинский район Новосибирской области), сельскохозяйственные угодия которого отражают общую картину строения земной поверхности в пределах значительной части равнинного Присалаирья. Общая площадь Березовского совхоза займет 283,5 км<sup>2</sup>. На большей части его территории абсолютные высоты достигают 200-300 м. (62%). Более возвышенные участки сельскохозяйственных угодий совхоза в основном расположены в правобережной зоне р. Берди, и их общая площадь достигает 72 км<sup>2</sup> (26%). Долина р. Берди занимает 12% (32,5 км<sup>2</sup>) территории Березовского совхоза. Наибольшие абсолютные высоты приурочены к бассейну верхнего течения р. Каменки (380 м), а наименьшие—к долине р. Берди (153 м). Максимальная разница в относительных превышениях на сельскохозяйственных угодьях Березовского совхоза достигает 217 м.

Вся территория Березовского совхоза покрыта сложной системой овражно-балочной сети. Наиболее значительные балки приурочены к бассейну верхнего течения р. Кинтерепы. Их длина достигает 3 км. Уклоны дна варьируют в пределах от 0°30' до 1°, а углы бортов от 5° до 15°. Глубина вреза балок не превышает 15-20 м. Их долинообразные понижения часто заболочены и покрыты кустарниковой растительностью. В большей степени на сельскохозяйственных угодьях совхоза расположены удлиненные овраги (до 2 км). В низовьях их уклоны не превышают 0°30'—1°, а в верховьях достигают 3°-4°. Уклоны бортов удлиненных оврагов не превышают 8°, и глубина вреза колеблется в пределах 10-15 м. Основное звено овражно-балочной сети составляют менее протяженные (0,5-1 км), но глубоко врезанные (20-50 м) овраги. В верховьях они имеют весьма значительные уклоны (15-20°), цифровые показатели которых в приустевых участках снижаются в два или три раза. Нередко эти овраги имеют крутые, в разной степени обнаженные, стенки и служат активным началом развития водной эрозии.

Основу рельефа всей территории Березовского совхоза составляют речные долины, их склоны и их водоразделы. В процентном отношении первое место, безусловно, принадлежит склонам. Составленная карта густоты расчленения рельефа территории совхоза свидетельствует о том, что наиболее часто встречающиеся показатели имеют значения от 1 до 1,5 км/км<sup>2</sup> и от 1,5 до 2 км/км<sup>2</sup>. Довольно значительные участки в бассейнах рр. Каменки, Кинтерепа и Каменушки характеризуются густотой расчленения от 2 до 2,5 км/км<sup>2</sup>. Максимальная густота расчленения (более 2,5 км/км<sup>2</sup>) отмечается лишь на некоторых участках.

Составленная карта глубины расчленения рельефа показывает, что подавляющая часть территории Березовского совхоза характеризуется глубинами расчленения от 10 до 20 м. Наибольшая глубина расчленения приурочена к придолинным участкам р. Берди, где относительные превышения достигают 30-40 м. Весьма красноречивые данные были получены и по завершению карты углов наклона поверхности современного рельефа. Ее анализ показал, что на 145,1 кв.км (52,4%) территории Березовского совхоза указанные показатели колеблются в пределах от 2 до 5°. Одна пятая часть его сельскохозяйственных угодий имеет еще более значительные уклоны, и лишь только на 5,5% территории совхоза уклоны не превышают одного градуса.

Приведенные геоморфологические и морфометрические данные о рельефе территории Березовского совхоза однотипны с особенностями строения рельефа значительной части предгорных равнин. По сравнению со всеми другими сельскохозяйственными районами Западной Сибири охарактеризованная формация нуждается в срочном проведении большого комплекса различных мероприятий по борьбе с водной эрозией. Приходится сожалеть о том, что при составлении и опубликовании многочисленных карт сельскохозяйственного районирования не были учтены особенности строения рельефа предгорных равнин, и до настоящего времени они не обоснованно приравнены к предельно равнинной части степной зоны Западной Сибири. Между тем глубина расчленения рельефа, густота расчленения рельефа и уклоны земной поверхности юго-восточной части Западно-Сибирской равнины не могут идти ни в какое сравнение с однотипными морфометрическими показателями, Ишимской степи, Барабы, Кулунды и Павлодарского Прииртышья. По всем морфометрическим показателям значительная часть предгорных равнин относится к области склонового, а не степного земледелия, на территории которой необходимо осуществить соответствующие агротехнические и организационно-хозяйственные мероприятия по

борьбе с водной эрозией почв.

На территории южных равнин Западной Сибири общая площадь районов склонового земледелия занимает не менее четырех миллионов гектаров. Ежегодно с каждого из них весной стекает 400-700 кубических метров воды. При этом на оголенных склонах южной экспозиции указанный процесс обычно проходит в весьма короткий срок. В этих условиях трудно переоценить значение мелиоративных мероприятий в борьбе со стоком талых вод. Проведенные опыты показали, что даже строительство самых простых гидротехнических сооружений в системе овражных водосборов вместе с проведением самых несложных агротехнических приемов обработки почв (распашка поперек склона, практика кольчатыми катками и др.) приводит к резкому сокращению водной эрозии почв и повышению урожайности. Зарегулированные весенние воды могут быть аккумулированы в ряде искусственных водоемов и широко использованы в дальнейшем для орошения сельскохозяйственных культур. По материалам Алтайского научно-исследовательского института земледелия и селекции, с поливного гектара предгорных равнин можно ежегодно собирать до 50 центнеров пшеницы или до 500-700 центнеров силосной массы. Создание широкой сети искусственных водохранилищ в районах склонового земледелия приведет к получению стабильных урожаев. Одновременно с этим система водоемов может служить хорошей основой для комплексного развития прудового хозяйства.

Вторая геоморфологическая формация южных равнин Западной Сибири охватывает все области развития аллювиальных равнин и их озеровидных расширений, к территории которых закономерно приурочены реликтовые озерные системы. К их числу мы относим Бель-Агачскую степь, Кулунду, Барабу, Рыбинско-Каргалинскую и Вагайскую лесостепи, а также все террасовые равнины палеорек современных речных долин и древних ложбин стока. Области их расположения, как правило, характеризуются глубоким погружением палеозойского фундамента, региональным развитием морских фаций мезозоя и кайнозоя и широким распространением аллювиальных четвертичных отложений сравнительно большой мощности. Вследствие своеобразных особенностей рельефа, имеющих значение для решения мелиоративных и природоохранных вопросов, геоморфологические формации аллювиальных равнин подразделяются нами на четыре подформации: 1) подформация слабо расчлененных равнин; 2) подформация гривных равнин; 3) подформация аллювиальных равнин с наложенными формами эоловой аккумуляции;

4) подформация террасовых равнин древних и современных речных систем. Следует особо подчеркнуть, что все перечисленные подформации аллювиальных равнин всегда занимают наиболее низкое гипсометрическое положение по отношению ко всем другим геоморфологическим формациям Западной Сибири. Одновременно с этим они характеризуются также и весьма малыми значениями основных показателей глубины и густоты расчленения земной поверхности и ее уклонов. Подформация слабоволнистых аллювиальных равнин и подформация террасовых равнин не характеризуются наличием особо своеобразных форм рельефа и вопрос их дальнейшего районирования с позиций сельскохозяйственного освоения с применением различных мелиораций должен решаться на базе литолого-фациальных, климатических и гидрогеологических данных.

В мелиоративном отношении большого и очень пристально-го внимания заслуживает подформация гривных равнин Западной Сибири, так как наличие гривных форм не только значительно удорожает строительство гидротехнических сооружений, но и вызывает вполне законное опасение в отношении возможного развития процессов вторичного засоления почв и грунтовых вод. До проведения наших исследований в литературе господствовали определенные представления о почти повсеместном развитии гривного рельефа на территории всей южной части Западно-Сибирской равнины. Все это обусловило большую осторожность в проведении мелиоративных работ и сдерживало поступление государственных ассигнований на их проведение.

В итоге проведенных работ был сделан очень важный вывод о том, что области развития гривного рельефа не имеют на территории юга Западно-Сибирской равнины широкого регионального развития, а закономерно приурочены в основном к районам озеровидных расширений более древних речных систем. Тщательный анализ всех картографических материалов убедительно доказал полное отсутствие гривных форм в пределах денудационных и предгорных равнин.

Согласно произведенным расчетам, выполненным И.В.Пилькевичем (1974), общая площадь подформации гривных равнин на территории Курганской, Северо-Казахстанской, Тюменской (без национальных округов), Омской и Новосибирской областей и степных районов Алтайского края не превышает 53 520 км<sup>2</sup>, что составляет всего лишь 7% их общей площади.

Классические формы гривного рельефа наиболее широко развиты в районах Барабинской степи. Прежде чем приступить к их краткой геоморфологической характеристике, необходимо сказать несколько слов о том, что мы понимаем под терминами

«грива», «гривный рельеф», «увал», «увалистый рельеф». Большинство исследователей к гривному рельефу относят как увалообразные междуречья Приобья Кулундинской степи, так и гривный рельеф Барабинской низменности. Гривному рельефу, по нашему мнению, присуще ритмическое чередование грив и межгривных понижений, имеющих на определенных участках однообразную ориентировку, а также соизмеримость положительных и отрицательных форм. Длина грив обычно составляет 2-6 км, а ширина 400-800 м. Их высота различна и лишь изредка достигает 15-20 м.

На территории Барабинской низменности также, как и на территории развития гривных равнин других областей юга Западной Сибири, могут быть выделены три типа гривных ландшафтов. Чановский тип характеризуется широким распространением и фронтальным расположением грив и межгривных понижений. В их общей морфологии отмечается наличие наиболее высоких и наиболее удлиненных грив. В среднем длина грив колеблется в пределах 3-8 км. В районах развития гривных равнин Барабинского типа наблюдаются ярко выраженные гривы и межгривные понижения, но в их пространственном расположении почти никогда не отмечаются явления выраженной фронтальности. Одновременно с этим в областях развития барабинских ландшафтов мы имеем и более мелкие формы грив. Длина подавляющей части грив не превышает 5 км, а средняя высота колеблется в пределах 6-12 м. На территории гривных равнин Тармакульского типа гривы очень часто не являются ведущими элементами ландшафта и лишь участками частично усложняют равнинный рельеф.

Все мелиоративные мероприятия в районах развития гривных равнин должны быть направлены в первую очередь на максимальное задержание влаги на всех положительных формах рельефа. Первое место в системе ведения сельского хозяйства здесь должны занять наиболее дешевые и наиболее эффективные приемы зимних мелиораций. Вместе с этим должна быть разработана также и система лесозащитных мелиораций. Указанные мероприятия необходимо проводить незамедлительно с учетом того, что в ближайшем будущем в практику войдут более сложные методы двустороннего регулирования водно-воздушного режима пахотного слоя.

Третья геоморфологическая подформация аллювиальных равнин выделяется нами на основе широкого проявления на ее территории голоценовых и современных эоловых процессов различного ранга, начиная от слабо развитого бугристого ланд-

шафта до типичных форм дюнного рельефа. Особенно сильно указанные формы рельефа распространены на территории самых южных степей Западной Сибири. Явления современной эоловой дефляции были обусловлены климатическими особенностями, литологическим составом аллювиальных осадков и хозяйственной деятельностью человека. Воздействие этих причин последовательно нарастают при движении с севера на юг. В этом направлении последовательно нарастает также и содержание песчаных фракций в составе аллювиальных осадков. Наиболее значительные формы дюнного рельефа распространены на территории Бель-Агачской степи.

Все почвы аллювиальных равнин третьей подформации в различной степени подвержены ветровой эрозии. Наиболее сильно она проявилась сейчас в Павлодарской области и в районах Кулундинской степи. Поэтому здесь и в ряде других районов развития ветровой эрозии почв необходимо провести площадные лесорастительные мелиорации с учетом морфологических особенностей эоловых форм рельефа и осуществить весь комплекс противоэрозионных агротехнических мероприятий. Указанные рекомендации в последние годы были проведены в ряде районов Алтайского края и Павлодарской области и дали весьма положительные результаты.

К последней—четвертой подформации аллювиальных равнин—мы относим долины палеорек, современных речных систем и древних ложбин стока. К числу характерных особенностей их современного рельефа, имеющих большое значение в рациональной организации сельскохозяйственного производства и в эффективном выполнении мелиоративных работ, следует отметить их значительную террасированность. Каждая надпойменная терраса, как правило, имеет два уровня: аккумулятивный и аккумулятивно-эрозионный. В первом случае в разрезах надпойменных террас одновременно присутствуют русловые, пойменно-старичные и субэральные покровные отложения, а во втором—только русловой аллювий, частично перекрытый маломощным чехлом делювиальных суглинистых образований. Особое место в строении рельефа геоморфологической подформации террасовых равнин занимают террасы усложненного цикла (аккумуляция—эрозия—аккумуляция). Они всегда закономерно приурочены к более пониженным участкам речных долин, и в их разрезах русловой аллювий аккумулятивно-эрозионных террас всегда перекрыт горизонтом более молодых пойменно-старичных отложений, в строении которых очень часто принимают участие погребенные торфяники. На территории развития отрицательных неотек-

тонических структур значительных размеров на поверхности террасы усложненного цикла формируется своеобразный более молодой супесчаный покровный комплекс в результате длительного стояния и замедленного стока полноводных разливов.

К числу своеобразных особенностей в строении террасовых равнин Западной Сибири следует отнести широкое развитие так называемых невыраженных в рельефе эрозионных террас, впервые описанных С.С. Неустроевым (1925) в районе г. Омска. Они формируются в самом начале почти каждого нового эрозионно-аккумулятивного цикла и фиксируются по весьма маломощному горизонту аллювиальных осадков, обычно перекрытых покровом делювиальных образований.

Отмеченные особенности в морфологии и в строении подформаций террасовых равнин значительно облегчают проведение мелиоративных работ, но в тоже время говорят о том, что при проектировании гидротехнических сооружений пристальное внимание должно быть обращено на более детальное изучение литологического состава аллювиальных осадков, так как эти данные сыграют решающую роль при выборе той или иной осушительной системы.

Геоморфологическая формация денудационных равнин охватывает очень большую часть степных и лесостепных районов Северного Казахстана, Ишимской степи, Омского и Павлодарского Прииртышья. В пределах всей этой довольно обширной территории, предельно равнинная поверхность которой в основном приподнята на высоту 120-170 м, повсеместно распространены почти горизонтально лежащие, преимущественно глинистые озерные и озерно-аллювиальные, в разной степени минерализованные неогеновые образования. Обычно они перекрыты маломощным чехлом главным образом пролювиально-делювиальных лессовидных суглинков. Их мощность в среднем колеблется в пределах 1,5-4 м. Идеально ровный рельеф денудационных равнин участками усложнен наличием плоских западин округло-овальных очертаний. Густота расчленения рельефа в пределах их водораздельных районов менее 0,2 км/км<sup>2</sup>. Глубина местных базисов эрозии междуречных территорий в основном колеблется в пределах 3-5 м. Уклоны земной поверхности не превышают 1°.

Гидрографическая сеть денудационных равнин имеет много своеобразных и характерных особенностей. Их поверхность расчленена долинами Тобола, Ишима и Иртыша, почти совершенно лишенными притоков. Вследствие слабого развития речной сети последняя почти совершенно не влияет на равнинный и однообразный рельеф денудационных равнин. Главнейшие водные ар-

терии описываемой геоморфологической формации текут в сравнительно хорошо разработанных широких неглубоких долинах. Строение долин в большинстве случаев ассиметричное. Их высокие крутые правые склоны обычно сложены палеогеновыми и неогеновыми отложениями. Пологие левые склоны постепенно спускаются к тальвегам долин, делая незаметным переход от возвышенных водоразделов к террасовым равнинам.

Следует особо сказать о том, что помимо современных речных артерий рельеф геоморфологической формации денудационных равнин частично усложнен также благодаря наличию древних долин и ложбин стока. На их территории они имеют самые различные морфологические очертания, начиная от весьма значительной и ярко выраженной Камышловской долины до еле заметных руслообразных заболоченных понижений. Только в одном случае в пределах центральной части Тобол-Ишимского водораздела древние долины и ложбины стока и их озеровидные расширения сформировали локально развитую подформацию аллювиальных гривных равнин. Вполне естественно, что отмеченные особенности в морфологии денудационных равнин не оказывают существенное влияние на общий характер их предельно выравненного рельефа. На этих фактах можно было бы и не заострять внимание читателя, если бы они не порождали у нас некоторые практические рекомендации в направлении решения мелиоративных задач. Все виды сельскохозяйственного производства, сконцентрированные на территории развития геоморфологической формации денудационных равнин, испытывают сейчас серьезные затруднения из-за отсутствия значительных запасов поверхностных и подземных вод. Совхозы и колхозы Ишимской степи не в меньшей степени заинтересованы в быстрой практической реализации проблемы переброски части стока сибирских рек, чем рисоводы и хлопководы Казахстана и Узбекистана. Учитывая наличие древних долин и ложбин стока и приуроченных к ним многочисленных систем взаимосвязанных озер в пределах всех трех геоморфологических формаций южных равнин Западной Сибири, можно высказать обоснованную идею об их объединении в единую наиболее рациональную систему водных артерий. При этом все межбассейновые связи могут осуществляться путем использования древних ложбин стока, которые имеют благоприятное пространственное расположение по отношению к основным районам строительства низконапорных гидротехнических сооружений.

Формационный подход к анализу рельефа южных равнин Западной Сибири позволяет установить ряд очень важных об-

ших природных закономерностей, имеющих первостепенное значение в более рациональной организации сельскохозяйственного производства. Эта тема может служить предметом самостоятельной статьи, но на некоторых примерах мы считаем необходимым кратко остановиться и в данном сообщении. Из анализа очень многих опубликованных географических работ у многих читателей сложились определенные представления о том, что на территории всех районов южной части Западно-Сибирской равнины очень широко распространены озера самых различных размеров, начиная от «степных морей» (оз. Чаны) до блюдцеобразных западин малых размеров. В действительности это далеко не так. Из трех основных геоморфологических формаций южной части Западно-Сибирской равнины родиной зарождения, развития и преобразования многочисленных и разнообразных озерных систем являются древние и современные аллювиальные равнины. В районах предгорных равнин озера практически отсутствуют. На денудационных равнинах единичные, довольно незначительные озера приурочены к суффузионно-просадочным формам рельефа, водосборная площадь которых во много раз превосходит размеры озерных котловин. Исключение в этом отношении представляют лишь единичные глубокие, но сравнительно незначительные котловины минерализованных озер (оз. Эбейти). Их природа до настоящего времени остается загадочной.

Закономерная приуроченность озерных систем к формации аллювиальных равнин позволяет провести их детальную классификацию с учетом наиболее рационального освоения и охраны этих очень важных ландшафтных объектов южной части Западно-Сибирской равнины.

Выше мы отмечали, что научный метод, положенный в основу выделения геоморфологических формаций, состоит в поэтапном рассмотрении палеорельефов обширных территорий на протяжении всей истории и «предыстории» рельефа. Поэтому все области их распространения отражают не только ведущие структурные особенности геологического субстрата, но и многие другие закономерности в истории формирования южных равнин Западной Сибири, имеющих первостепенное значение в рациональной организации сельскохозяйственного производства. В первую очередь необходимо обратить внимание на определенную связь пространственного расположения геоморфологических формаций в прямой зависимости от возраста складчатых структур погребенного фундамента и глубины их залегания. Так, все денудационные равнины закономерно приурочены к зоне погружения каледонид Северного Казахстана, а все районы аллювиальных

равнин развиты в пределах территории глубинного погружения герцинских структур Обь-Зайсанской системы и ее Иртышской ветви. Последняя впервые была обоснована Н.С.Шатским (1951) на основании анализа палеотектонических и палеогеографических данных, а впоследствии подтверждена на большом геофизическом материале Л.Я.Проводниковым (1975).

Формация предгорных равнин распространена в области неглубокого залегания палеозойского фундамента. В ее строении принимают участие герцинские, каледонские и салаирские складчатые системы, которые часто контактируют с погребенными структурами доюрского основания Западно-Сибирской равнины по серии глубинных разломов. Вполне естественно, что не всегда установленная закономерность проявляется во всех районах интересующей нас территории. Есть ряд исключений, отражающих в себе или особенности в строении погребенного геологического субстрата (Бийско-Барнаульская впадина) или своеобразные палеогеографические условия формирования аллювиальных отложений в период зарождения и развития современной гидрографической сети (локальное распространение гривных равнин в пределах Tobол-Ишимского междуречья). В отдельных случаях они, конечно, вносят некоторые поправки в установленную закономерность, но не меняют ее принципиальную основу.

В полном соответствии с установленной закономерностью находится и определенная последовательность в колебании абсолютных высот в пределах различных геоморфологических формаций, которая явилась следствием унаследованного развития новейших движений. Наиболее приподнята формация предгорных равнин (200-300 м). В районах развития формации денудационных равнин абсолютные высоты варьируют в среднем от 120 до 170 м. Поверхность аллювиальных равнин на значительной территории приподнята над уровнем моря на высоту 90-120 м.

Каждая геоморфологическая формация южных равнин Западной Сибири имеет довольно ясно выраженные природные границы. Они проявляются в быстром перепаде абсолютных высот, в резкой смене литологического состава покровного комплекса, в направленном развитии современных экзогенных процессов, в морфологических особенностях рельефа, в характеристике погружения палеозойского фундамента, в закономерном изменении фациальной природы мезозойских и кайнозойских осадков, в определенной приуроченности тех или иных полезных ископаемых, в весьма существенном изменении гидрогеологических инженерно-геологических условий.

Из вышеприведенного описания геоморфологических формаций южных равнин Западной Сибири ясно видно, что в их пространственной приуроченности довольно отчетливо выражена меридиональная, северо-западная и северо-восточная ориентировка. При движении с востока на запад выделяется высокая структурно-геоморфологическая поверхность, в пределах которой развиты предгорные равнины с ярко выраженными формами сильного эрозионного расчленения. Далее следует низкая структурно-геоморфологическая поверхность — область распространения аллювиальных равнин. На отдельных участках их рельеф характеризуется развитием гривно-озерных ландшафтов. На западе в пределах Ишимской степи выделяется средняя структурно-геоморфологическая поверхность, обнимающая все районы развития денудационных равнин.

На территории южных равнин Западной Сибири отчетливо выражены широтные природные зоны. Указанная зональность отражена в характере растительного и почвенного покрова и в видовом составе животного мира. В их пределах выделяются три зоны (лесная, лесостепная, степная) и шесть подзон (заболоченных хвойно-лиственных лесов, болотно-березовых лесов, займищно-лугово-солончаковая, дернисто-луговая, разнотравно-луговая, подзона разнотравно-типчачково-ковыльных степей). Естественно-историческое развитие южных равнин Западной Сибири в условиях одновременного влияния меридиональной ориентировки геоморфологических формаций и широтной зональности привело в ряде случаев к резкому сокращению или расширению их природных зон. История развития рельефа и условия формирования покровных образований аллювиальных равнин способствовали максимальному продвижению региональных процессов заболачивания далеко на юг. Поэтому на их территории природные зоны и подзоны предельно сжаты. Так, например, в западных районах Новосибирской области от районного с. Кыштовка на севере до г. Купино на юге на расстоянии 240 км можно наблюдать последовательную смену всех выше упомянутых зон и подзон. В пределах развития денудационных равнин Ишимской степи и Северного Тургая аналогичные изменения природных условий проходят на расстоянии 500-600 км. Таким образом, меридиональная ориентировка структурно-геоморфологической основы рельефа и широтная зональность природных зон во многом предопределили главнейшие закономерности естественно-исторического развития ведущих ландшафтов южных равнин Западной Сибири.

В формировании природных условий южных равнин Западной Сибири большую роль сыграли также и новейшие тектонические движения. Особенно сильно их прямое влияние сказалось в формировании своеобразных ландшафтов аллювиальных равнин Кулундинской степи и Барабы. В пределах Обь-Иртышского междуречья неотектонические движения во многом унаследовали более древний структурный ~~план~~ ~~и~~ сформировали ряд положительных морфоструктур, которые ограничили их территорию с севера (Обский выступ, Демьянский свод), с востока (положительные морфоструктуры Колывань-Томской складчатой зоны и Салаирского кряжа), с юга (Каменский выступ, Славгородский вал) и с запада (Прииртышский вал) и привели, в конечном счете, к формированию системы бессточных озерных бассейнов как в Кулундинской степи, так и в Барабинской низменности. Вследствие этого на протяжении длительного времени на их территории аккумулируется довольно мощная толща четвертичных осадков. В процессе их формирования с приподнятых участков положительных морфоструктур непрерывно поступали рыхлые продукты выветривания. Исключительная равнинность палеоландшафтов, наличие бессточных озерных понижений и сравнительно теплый климат создали необходимые условия для накопления солей и привели к развитию современных процессов засоления почв и грунтовых вод в пределах Барабинской низменности и к формированию промышленных месторождений минеральных солей в озерах Кулундинской степи. Вместе с этим история тектонического развития Барабы на протяжении неотектонического этапа предопределила и особенности питания подземных вод, их химический состав и закономерные изменения в литологическом составе кайнозойских осадков. Особо ответственную роль они сыграли в пополнении запасов подземных вод континентального палеогена и неогена не только за счет поступления их с юга и востока, но и с севера.

Большое значение в плановом расположении биогеохимических ландшафтов Барабинской низменности имеют морфологические особенности гривного рельефа, их геологическое строение, гидрогеологические и гидрологические условия ее речных систем. Реки Барабы относятся к бассейнам Иртыша и бессточного озера Чаны. Первые имеют свободный сток в океан, а вторые способствуют накоплению и перераспределению солей на территории самой Барабинской низменности. В связи с этим вся весьма обширная зона причановского понижения с фронтальным расположением крупных гривных форм и прилегающие к ней пониженные участки Барабы должны быть отнесены к

группе наиболее сложных природных ландшафтов аллювиальных равнин Западной Сибири, наиболее рациональное освоение которых потребует специальных стационарных исследований.

Выше мы отмечали, что прямое влияние климата на формирование естественных условий южных равнин Западной Сибири наиболее ярко отражено в широтной зональности ее природных комплексов. Одновременно с этим в развитии их современных ландшафтов наблюдаются значительные изменения за исторический период в связи с глубоким промерзанием и медленным оттаиванием почвогрунтов, в связи с чередованием многолетних засушливых периодов с периодами обильного обводнения, в связи с проявлением водной и ветровой эрозии и в связи с проведением мелиоративных работ. Решающую роль в активизации указанных процессов сыграл человек. Он резко сократил площадь лесов и распашал весьма значительную часть территории южных равнин Западной Сибири. В связи с этим более глубокое промерзание почвогрунтов в отдельных случаях даже привело к частичному формированию мерзлотных линз. Вполне естественно, что эти нежелательные явления стали протекать в первую очередь в районах развития гривных равнин, так как их рельеф способствует неравномерному формированию снежного покрова.

На территории южных равнин Западной Сибири находятся все основные сельскохозяйственные районы Курганской, Северо-Казахстанской, Тюменской, Омской, Павлодарской, Новосибирской областей и Алтайского края. При их административном подразделении, корни которого уходят далеко в глубь истории освоения Сибири, несомненно, не были учтены наиболее характерные особенности природных условий, и поэтому в пределах любой области мы имеем самые различные сочетания геоморфологических формаций и подформаций, во многом определяющих пути развития сельского хозяйства и охраны природных ресурсов. С позиций формационного анализа рельефа, без всякого сомнения, в самом лучшем положении находятся районы Омской области. В основе ее сельское хозяйство базируется на земельных ресурсах денудационных равнин. Предельно равнинный рельеф, отсутствие природных факторов, порождающих активизацию водной и ветровой эрозии, высокое плодородие почв— все это создает благоприятные условия для успешного развития сельского хозяйства.

Северные районы Омской области заходят в широтную прииртышскую зону развития древних и современных геоморфологических формаций аллювиальных равнин. Их земельные ресурсы

должны стать в ближайшие годы основным объектом дальнейшего развития ее сельского хозяйства. Террасированный рельеф, ограниченное распространение грядных ландшафтов (9,5% от общей территории области), отсутствие замкнутых озерных систем локальной аккумуляции создает благоприятные предпосылки для широкого развития мелиоративных работ. Практика показала, что строительство даже самых простейших осушительных каналов в северных районах Омской области дает значительные доходы и нередко окупается за два года их эксплуатации.

За последние десятилетия в южных районах Омской области стали отмечаться явления ветровой эрозии почв. Для их возникновения не было особенных природных предпосылок. В этом отношении ее территория не может идти ни в какое сравнение с земельными угодьями аллювиальных равнин Кулундинской степи, где потенциальная опасность развития эоловых процессов была предопределена всей предысторией ее естественно-исторического развития. Основой возникновения ветровой эрозии на юге Омской области явилась массовая отвальная распашка земли. В довольно короткий срок на десятки километров в длину и ширину был создан агроземледельческий ландшафт, незащищенный никакими способами от воздействия экзогенных факторов. Сейчас приняты весьма эффективные меры к полной ликвидации этих явлений на основе внедрения всех последних достижений сельскохозяйственной науки.

В самом тяжелом положении в отношении наиболее рациональной организации сельскохозяйственного производства находятся совхозы и колхозы Новосибирской области. Их земельные угодья приурочены к территории трех геоморфологических формаций, каждая из которых может быть подразделена на целый ряд подформаций, обладающих природным потенциалом к развитию вторичного засоления почв и грунтовых вод и большой активизации водной и ветровой эрозии почв. Поэтому дальнейшее развитие сельского хозяйства Новосибирской области во многом зависит от научно обоснованного проведения сложных и разнообразных мелиораций. Ни один из районов величайшей в мире Западно-Сибирской равнины ни по сложности природной обстановки, ни по большому разнообразию ландшафтных комплексов, ни по степени общей изученности естественно-исторических процессов, ни по многолетнему опыту мелиоративных работ не может идти в сравнение с Новосибирской областью. Больше того, ее районы настолько разнотипны по своей природе, что опыт их мелиорации будет широко использован во многих других районах нашей страны.

Сельское хозяйство степного Алтая использует земельные фонды предгорных и аллювиальных равнин, и его дальнейшее развитие должно идти по пути планомерной борьбы с водной и ветровой эрозией почв. При этом оба направления следует осуществлять в равных масштабах, так как территории указанных геоморфологических формаций в пределах степного Алтая вполне соизмеримы. Главнейшее внимание необходимо уделить проведению природоохранных мероприятий на территории широко известных ленточных боров. Это уникальное творение природы во многих отношениях способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур степной зоны Алтайского края, и без всяких оговорок должно быть отнесено к числу первоочередных заповедных объектов Западной Сибири. В настоящее время ложбины древнего стока, к которым закономерно приурочены массивы соснового леса, целиком находятся в ведении лесного хозяйства. Между тем их природные ландшафты более разнообразны. Помимо развития песчаных русловых фаций древней речной сети с наложенными формами эолового рельефа здесь присутствуют также пойменно-старичные ландшафты и различные системы соленых и пресных озер. В ряде случаев, вследствие значительной распашки прилегающей территории и вырубki лесных массивов, отмеченные ландшафты приходят в антогонические противоречия. Резкое сокращение стока современных рек, вследствие значительного увеличения посевных площадей, привело к минерализации пресных озер, к развитию солончаковых ландшафтов, пагубно влияющих на произрастание древесной растительности и к некоторым другим нежелательным явлениям. Необходимо объединить усилия работников сельского и лесного хозяйства, руководителей химической промышленности, в ведении которой находится эксплуатация минеральных озер, и специалистов-ихтиологов в области отработки и внедрения комплексных природоохранных мер по восстановлению и увеличению природных ресурсов ленточных боров и прилегающих к ним степных районов.

Все производство зерна в пределах Павлодарской области, в основном, связано с освоением аллювиальных равнин, покровные отложения и почвы которых по сравнению со всеми другими районами южной части Западной Сибири имеют наиболее легкий механический состав. Поэтому все отрицательные явления широкого площадного освоения ее целинных и залежных земель оказались здесь в максимальных масштабах. Надо отдать должное хлеборобам Казахстана, что они проявили героические усилия к их ликвидации. Для более эффективного проведения

начатых работ мы рекомендуем им максимально расширить орошение сельскохозяйственных угодий за счет использования фонтанирующих подземных вод, приуроченных к мощным водоносным горизонтам меловых отложений. Большая часть Павлодарской области имеет наиболее благоприятные условия для их интенсивной эксплуатации. Ни одно административное подразделение Западно-Сибирской равнины, за исключением Кулундинской степи и частично юго-западных районов Омской области, не имеет таких возможностей, и поэтому их следует максимально использовать. При движении с юга на север довольно скоро повышается минерализация меловых вод, и они становятся совершенно непригодными для сельскохозяйственной практики.

Сельскохозяйственная зона южной части Тюменской области в геоморфологическом отношении весьма близка к территории Омской области. Различие заключается лишь в том, что в ее районах денудационные и аллювиальные равнины вполне соизмеримы по своей площади. Ярво выраженная природная граница между ними проходит по широте с. Абатского. К югу эрозионного уступа расположены денудационные равнины, а к северу — геоморфологические формации аллювиальных равнин. В составе последних большую площадь занимает террасовый комплекс левобережья р. Иртыша. Он в значительной степени заболочен и требует постановки мелиоративных работ по осушению. С юга на территорию Тюменской области по древним ложбинам стока и их озеровидным расширениям частично заходят гривные равнины. В целом, их общая площадь в пределах ее южной части не превышает 4600 км<sup>2</sup> (3% к территории сельскохозяйственной зоны области).

В районах Северо-Казахстанской области широко распространены денудационные равнины, и лишь только в пределах пониженной зоны Тобол-Ишимского водораздела, тяготеющей к долине р. Ишима, развиты гривные равнины (14,5% к территории области). К числу своеобразных геоморфологических особенностей равнинных районов Северо-Казахстанской области следует отнести наличие ряда древних ложбин стока, расположенных перпендикулярно к господствующим ветрам. При проведении мелиоративных работ на их более детальное изучение следует обратить особое внимание, так как долинообразные понижения ранее существовавшей гидрографической сети могут быть использованы для проведения главных лесорастительных мелиораций.

Давая общую, весьма краткую характеристику гидрогеологических условий всех трех главных геоморфологических фор-

маций южных равнин Западной Сибири, в первую очередь мы должны сказать о том, что по соответствующим показателям они резко различны по причине большой автономности их исторического развития. На первое место по количественному и качественному составу подземных вод необходимо поставить геоморфологическую формацию аллювиальных равнин. Их гидрогеологические условия были predeterminedены всей историей и предисторией рельефа, и их генетическая природа отражает последовательное развитие палеорек и современных речных систем с конца нижнего олигоцена, когда на обширных пространствах Азиатского континента прокатилась волна интенсивных поднятий, в результате которых палеогеновое море оставляет Западно-Сибирскую равнину и повсеместно на ее территории устанавливается длительный континентальный режим. Литологический состав третичных континентальных осадков, в областях развития аллювиальных равнин, отражает закономерную цикличность в последовательном чередовании песчаных фаций руслового аллювия и пойменно-старичных фаций. В составе последних явно преобладают глины и суглинки с линзовидными горизонтами бурого угля. Только в разрезе среднего олигоцена отчетливо прослеживаются два четких ритма. При этом к песчаным фациям руслового аллювия всегда приурочены основные водоносные горизонты. Так, например, водоносные пески атлымской свиты, залегающие на размытой поверхности нижне-олигоценых глин чеганского регионального горизонта, являются основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения для многих районов Кулундинской степи, Барабы и Среднего Прииртышья.

В порядке подробного рассмотрения поднятого вопроса необходимо сказать и о том, что в ряде районов развития аллювиальных равнин в разрезе неогеновых и четвертичных отложений можно наблюдать также и явления размыва пойменно-старичных фаций, при котором русловой аллювий Барнаульских, Тобольских и Кулундинских прарек (николаев, 1976) составляет в целом один водоносный горизонт. Отмеченные явления в последние годы были установлены на значительной территории центральной зоны Кулундинской степи. В связи с этим сейчас можно сделать определенный вывод о том, что запас ее подземных вод непрерывно пополняется за счет трех основных источников. В их питании большая роль принадлежит древним погребенным долинам, по которым распространяются крупные потоки подземных вод, идущие с предгорий Алтая. В значительно меньшей степени аналогичные явления дублируются по системе

более молодых ложбин стока. Одновременно с этим значительная обводненность объединенного руслового аллювия древних прарек явилась также и следствием его тесной гидравлической связи с подземными водами палеогена и неогена и инфильтрации атмосферных осадков.

На протяжении многих лет объединенный горизонт разновозрастного руслового аллювия Кулундинской степи относили к одной кулундинской свите и считали, что ее водоносность в основном ограничена инфильтрацией атмосферных осадков. В связи с этим высказывались и определенные опасения о возможностях широкого использования подземных вод для орошения.

В результате проведения палеогеографических реставраций, построенных на базе формационного геоморфологического анализа, мы пришли к диаметрально противоположному заключению. Большой опыт оазисного орошения в пределах центральной Кулундинской степи также подтверждает наши положения и позволяет значительно расширить поливное земледелие на более значительной территории.

На территории аллювиальных равнин Кулундинской степи, Павлодарского Прииртышья, Барнаульского Приобья, Омско-Тарского Прииртышья и Нижнего Пришимья уже давно были обнаружены самоизливающиеся пресные подземные воды из четвертичных и третичных отложений. К большому сожалению, в их площадном распространении долгие годы не удалось установить никаких закономерностей. Лишь только сейчас, после проведения палеогеографических реконструкций, можно уверенно говорить о том, что они, как правило, приурочены к русловым фациям палеорек, которые распространены как в пределах сильно пониженных зон современных водоразделов (Кулундинская степь, Бараба и др.), так и в долинах современной гидрографической сети (Барнаул, Омск, Абатское Пришимье и др.). Поэтому при постановке дальнейших поисковых работ необходимо ориентироваться на восстановление планового расположения древних долин. Вполне естественно, что площадь распространения подземных вод в толще руслового аллювия прарек будет иметь довольно сложные долинообразные очертания. Примером тому может служить Барнаульский артезианский бассейн, на базе которого было организовано хозяйственно-питьевое водоснабжение краевого центра.

Подземные воды денудационных равнин приурочены к мощным линзовидным прослоям мелкозернистых песков, обычно залегающих в толще пестроцветных глин неогена. Вслед-

стве этого их водоносные горизонты характеризуются неравномерным распространением, слабой водообильностью и пестрой минерализацией. Некоторое исключение из общего правила составляют лишь современные долины, где в ряде районов присутствуют довольно выдержанные подрусловые потоки, приуроченные к русловым фациям прарек. Следует особо подчеркнуть, что в их литологическом составе довольно часто присутствуют очень тонкие фракции песчано-глинистых осадков. Поэтому проблема эффективной эксплуатации подрусловых вод во многом зависит от правильного выбора конструкции фильтра. В отдельных случаях подземные воды описываемого горизонта имеют значительный напор и фонтанируют в пределах развития высокой поймы до высоты восьми метров (г. Омск), и могут быть использованы для орошения овощных культур.

В лучших гидрогеологических условиях по сравнению с областями развития денудационных равнин находятся предгорные равнины. В районах неглубокого залегания погребенного фундамента основным источником водоснабжения могут стать трещинные воды палеозойских отложений. На территории их более значительного погружения невыдержанные водоносные горизонты отмечаются в мелкозернистых песках и супесях, залегающих в довольно мощной толще покровных лессовидных образований. Лишь только в областях локального развития наложенных мезозойских впадин в составе юрских континентальных отложений встречаются мощные водоносные комплексы, способные обеспечить водоснабжение крупных промышленных объектов и весьма значительных населенных пунктов.

Обращаясь к инженерно-геологической характеристике геоморфологических формаций южных равнин Западной Сибири, следует сказать о том, что физико-механические свойства их покровных образований, которые могут служить основанием для возведения различных строительных объектов и сооружения специализированных мелиоративных систем, имеют резко различные исходные показатели. Наибольшее разнообразие, несомненно, фиксируется в районах развития аллювиальных равнин не только по причине более выраженной фациальной изменчивости их покровных образований, но и по причине их большой продолжительности в меридиональном направлении от горных сооружений Алтая до широты г. Тобольска. Геоморфологические формации предгорных и денудационных равнин в этом отношении занимают особое положение, и физико-механические свойства их покровных образований, несомненно, более стабильны на значительной территории.

Первое место по более выдержанной инженерно-геологической характеристике занимает формация денудационных равнин. В области ее распространения основой фундамента обычно служат неогеновые глины и тяжелые суглинки черлакской свиты с высоким содержанием тонкопылеватых и глинистых частиц. Основные показатели их физико-механических свойств отражены на нижеприведенной таблице (по данным К.М.Голубенцева, 1937; И.Г.Ермакова, 1967).

Таблица 1  
Показатели физико-механических свойств  
неогеновых глинистых пород

Содержание глинистых фракций (0,005 мм), %	30-60
Объемный вес влажного грунта	1,70-1,90
Объемный вес скелета	1,35-1,50
Удельный вес	2,74
Пористость, %	44-55
Природная влажность, %	26-45
Коэффициент водонасыщенности	0,98
Предел пластичности:	
верхний	42-74
нижний	25-37
Число пластичности	20-37
Степень уплотнения по В.А.Приклонскому	0,6
Модуль деформации, кг/см <sup>2</sup>	30-50
Угол внутреннего трения	16
Сцепление, кг/см <sup>2</sup>	1,2

Следует особо подчеркнуть, что в районах развития денудационных равнин верхний очень маломощный покров суглинистых четвертичных отложений является практически непросадочным. Одновременно следует отметить также и то, не менее важное обстоятельство, что на территории денудационных равнин выделяются отдельные ареалы развития сульфатных агрессивных сред, особенно, в зонах повышенной засоленности неогеновых осадков черлакской свиты.

В пределах предгорных равнин, по данным В.С.Арефьева (1975) И.Г.Ермакова (1967), М.И.Кучина (1966), Ф.А.Никитенко (1967), Я.Е.Шаевнича (1967), В.И.Шарова (1970) и В.С.Храпова (1973), широко распространены полигенетические просадочные лессовидные породы зернисто-агрегатной и агрегатной структуры. В процессе их изучения были выявлены основные закономерности просадочности от гранулометрического состава, естественной влажности, коэффициента пористости, объемного веса скелета, степени во-

донасыщения, давления и установлены их аналитические зависимости. Поэтому до возведения инженерных сооружений и мелиоративных систем в районах предгорных равнин необходимо провести более детальные исследования с учетом возможного проявления просадочных явлений значительного масштаба.

За последние годы были опубликованы весьма многочисленные работы И.А.Волкова и В.С.Волковой (1965, 1969, 1971 и др.) по поводу эолового происхождения лессовидных отложений всех геоморфологических формаций южных равнин Западной Сибири. По их мнению, одним из основных аргументов в пользу указанных выводов следует считать наличие в лессовых породах глинистых агрегатов (окатышей). В своих работах И.А.Волков и В.С.Волкова говорят о том, что «окатыши» не новообразования, а «первичный обломочный материал, продукт дезинтеграции существовавших ранее глинистых (суглинистых, алевроитовых, песчаных) пород, перетерпевших последующую сортировку и перенос, во время которого зерна приобрели некоторую окатанность». Помимо известных литологических, палеонтологических, геологических и геоморфологических данных (Н.П.Белецкая, 1974; М.Е.Городецкая, 1972; В.Я.Липагина, 1976; И.В.Пилькевич, 1974 и многие другие авторы), не подтверждающих выводы И.А. и В.С.Волковых, в последние годы вышел из печати ряд специальных инженерно-геологических работ (В.С.Храпов, 1971, 1972, 1973; Ф.А.Никитенко, В.С.Храпов, 1974 и др.), в которых доказана «вторичная природа агрегатов, а их окатанность и округлая форма обусловлены новообразованной монтмориллонитовой пленочкой». По мнению Ф.А.Никитенко и В.С.Храпова, «следует считать изучение направленности процессов преобразования лессовых пород одной из главных задач инженерной геологии. От правильного их решения зависит объективная оценка причин, обуславливающих инженерно-геологические свойства лессовых пород».

Выше мы отмечали, что четвертичные отложения аллювиальных равнин весьма изменчивы по своему литологическому составу, вследствие чего их физико-механические свойства могут варьировать в значительных пределах. В порядке обобщенной характеристики можно сказать лишь о том, что русловые фации палеорек, древних ложбин стока и современных речных долин отличаются рыхлым сложением и пониженной прочностью, а глинистые осадки пойменно-старичных фаций часто неравномерно опесчанены, мало пластичны и имеют среднюю сжимаемость, лессовидные покровные отложения аллювиальных равнин характеризуются неоднородностью просадочных свойств. Масштаб указанных явлений во многом зависит от изменчивости их ме-

ханического состава и их мощности. В районах развития мало-мощного покрова лессовидных пород, обогащенных песчаными фракциями, просадочные явления не наблюдаются.

Придавая большое значение роли современных движений в решении вопросов инженерной геологии и еще раз отмечая ранее высказанные положения о тесной связи планового расположения геоморфологических формаций южных равнин Западной Сибири с областями развития ее погребенных палеозойских структур, следует сделать немаловажные выводы и о характере современных движений. Анализируя результаты тематических исследований Л.М.Кнуренко (1975), П.П.Колмогоровой (1977) и Д.Н.Фиалкова (1956) в области изучения современных вертикальных движений земной коры по материалам повторных нивелировок повышенной точности, можно сделать обоснованное заключение о том, что территория развития аллювиальных равнин, приуроченная к площади распространения глубоко погребенных герцинских структур Иртышской ветви Обь-Енисейской складчатой зоны, на протяжении 75 лет ежегодно опускается на два миллиметра. За этот же период соседняя геоморфологическая формация денудационных равнин, расположенная в области погружения каледонских структур северного Казахстана, на такую же величину ежегодно повышалась. Формация предгорных равнин Новосибирского Приобья, в пределах которой палеозойский фундамент Обь-Енисейской зоны залегает на сравнительно небольшой глубине или частично обнажен в естественных разрезах, ежегодно повышается на четыре миллиметра. Приведенные данные несомненно представляют определенный интерес не только в деле изучения природы геоморфологических формаций, но и в решении вопросов инженерной геологии.

Интенсификация сельского хозяйства не может быть ограничена государственными поставками минеральных удобрений. Плодородие почв следует поднимать и путем широкого использования всех местных природных удобрений. На территории геоморфологических формаций южных равнин Западной Сибири к ним следует отнести сапропель, гипс, пресноводный мел, озерно-болотный мергель, торфовивианиты и торф. К великому огорчению, указанные местные удобрения распространены только на территории аллювиальных равнин, при этом не всегда повсеместно. Так, например, гипс, который так необходим для мелиорации солонцов и солонцеватых почв, приурочен только к территории реликтовых сорных озер Кулундинской степи, а торфовивианиты — к равнинам Среднего Прииртышья. Поэтому широкое использование местных органо-минеральных удобрений

в районах всех геоморфологических формаций южных равнин Западной Сибири должно быть организовано на основе тесной межобластной кооперации.

С развитием научных исследований наши познания в области возможного использования различного минерального сырья в качестве местных агрономических руд, несомненно, будут значительно расширены. В качестве подтверждения высказанных положений можно указать на последнее открытие казахстанских ученых (новый тип агроруд). Сущность его состоит в том, что на огромных пространствах Средней Азии, Казахстана и южной части Западно-Сибирской равнины повсеместно распространены третичные отложения, в составе которых могут быть обнаружены отдельные глинистые горизонты, содержащие в себе не только многие вещества, необходимые для питания растений, но и элементы-активаторы, способствующие их усвоению. К числу первых относятся фосфор, калий, азот, магний, а к числу вторых — бор, кобальт, марганец, цинк, медь, иод и др. Во многих случаях новые агроруды непосредственно выходят на дневную поверхность и без всякого предварительного обогащения могут быть широко использованы в качестве природных минеральных удобрений.

Производственные опыты показали, что при условии внесения на один гектар 150-300 килограммов природных минеральных удобрений нового типа наблюдается значительное повышение урожайности многих сельскохозяйственных культур. Прирост урожая по картофелю составил около 45%, люцерне—45%, сахарной свекле—46%, табаку—35%, помидорам—63%, капусте—31%. Одновременно с повышением урожайности установлено более раннее созревание (на 10-15 дней) и весьма существенное улучшение качественных показателей товарной продукции. Ускорение сроков созревания сельскохозяйственных растений для районов Западной Сибири имеет особое значение. Высокие достоинства нового типа агроруд колхозники Казахстана отразили в их наименовании. Они стали называть их «волшебной глиной».

Исходя из имеющихся фактических данных, можно высказать вполне определенное заключение о возможности нахождения нового типа агроруд и в районах развития геоморфологической формации денудационных равнин, где повсеместно развиты глинистые осадки неогена. По своей генетической природе и по своему характерному литологическому составу они очень близки к тем континентальным образованиям, в которых были найдены новые агроруды на территории Казахстана. Их

общность подтверждена также и некоторыми, пока отрывочными, сведениями о вещественном составе неогеновых глин Западной Сибири. Приведенные материалы свидетельствуют о том, что и на территории развития геоморфологических формаций денудационных равнин могут быть найдены природные удобрения нового типа.

Выше мы отмечали, что в районах развития геоморфологической формации предгорных равнин пока неизвестны никакие месторождения местных природных удобрений. Поэтому эта проблема здесь должна одновременно решаться в трех главнейших направлениях. Во-первых, следует уделить внимание постановке поисковых работ в ближайших районах площадного развития палеозойских отложений. Во-вторых, необходимо проанализировать все возможности широкого использования отходов промышленных предприятий с целью извлечения из них побочных продуктов, которые представляют наибольший интерес для повышения плодородия почв. И, наконец, при решении проблемы местных удобрений надо идти по линии возможного пересмотра устаревших технологических схем на тех или иных предприятиях для одновременного получения исходного продукта и такого побочного отхода, который бы нашел широкое применение в качестве того или иного минерального удобрения.

На территории развития геоморфологических формаций предгорных равнин Западной Сибири расположены предприятия цементной промышленности. Поэтому на их примере мы можем подтвердить возможность практической реализации высказанных предложений. Обжиг цементного клинкера на современных заводах производится во вращающихся печах при высокой температуре. Исходные материалы, из которых изготавливается клинкер, всегда содержат в своем составе то или иное количество калийных соединений. В процессе обжига они возгоняются и удаляются из печи с наиболее мелкими частицами пыли. В прошлые годы при отсутствии трех полных фильтров все ее более тонкие фракции уносились в атмосферу, а вместе с ними уходили в отход и весьма ценные калийные соединения. По данным химических анализов, калийная пыль цементных заводов совершенно свободна от хлора и может с большим успехом использоваться для удобрения почв. Подсчеты показали, что установка электрофильтров только на некоторых цементных заводах страны будет давать в год до 250 тысяч тонн калийных удобрений.

При описании геоморфологической формации предгорных равнин мы отмечали, что дальнейшее развитие сельского хо-

зьяйства на ее территории должно идти по линии широкого внедрения лиманного орошения. В связи с этим в совхозах и колхозах будет создана рациональная система прудов и водохранилищ. Благодаря высокой биологической продуктивности в указанных водоемах в сравнительно короткий срок произойдет аккумуляция весьма ценных органико-минеральных осадков, которые в дальнейшем могут быть широко использованы для удобрения полей путем приготовления комбинированных компостов.

Переходя к вопросу определения исходных позиций природоохранного районирования, необходимо сказать о том, что при их определении в первую очередь следует обратить пристальное внимание на зоны сочленения геоморфологических формаций. Во всех случаях их физико-географические условия в разной степени отражают итоги сложных взаимоотношений двух соседних природных областей в процессе их длительного естественно-исторического развития. Несмотря на относительную четкость межформационных границ в геолого-геоморфологическом строении самих формаций, почти всегда можно наблюдать прямые или косвенные факты взаимовлияния, которые приводят к некоторым нарушениям единства форм земной поверхности и ее геологического содержания. Поэтому любые экзогенные процессы, порожденные деятельностью человека, больше всего влияют на изменения природных условий геоморфологических формаций, непосредственно тяготеющих к зоне их сочленения. В одних случаях они проявляются в развитии водной и ветровой эрозии почв, а в других — в возникновении процессов вторичного засоления почв и грунтовых вод. Вполне естественно, что изменения природных условий в ходе хозяйственного освоения более разнообразны. Мы указали только те, о развитии которых мы считаем необходимым сказать несколько слов.

На значительной территории южной части Западно-Сибирской равнины между предгорными и аллювиальными равнинами довольно часто прослеживается хорошо выраженный уступ. Особенно четко он фиксируется в Новосибирском Приобье по линии с. Введенское-с. Тарыгино-с. Лебяжье. Указанная структурно-геоморфологическая граница отражена не только в морфологии современного рельефа и в рельефе погребенного палеозойского фундамента, но и в площадном распространении морских и континентальных отложений мезозойского и кайнозойского возраста. Она ограничивает с востока область развития песчаных осадков покурского водоносного комплекса (верхний мел) и атлымского водоносного горизонта (средний олигоцен)

**РЕЛЬЕФ, ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ СУБСТРАТ  
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ФОРМАЦИЙ ВЛНХ**

ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ	ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ	ПРЕДГОРНЫХ РАВНИН
<u>РЕЛЬЕФ</u>		ХОЛИСТЫЕ РАВНИНЫ. ОСНОВА РЕЛЬЕФА - ШИРОКО РАЗВИТЫЕ РАЗНОТИПНЫЕ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА
АБСОЛЮТНАЯ ВЫСОТА		200 - 300м
ГУСТОТА РАСЧЛЕНЕНИЯ РЕЛЬЕФА		1,5 - 2,5 км/км <sup>2</sup>
ГЛУБИНА РАСЧЛЕНЕНИЯ РЕЛЬЕФА		40-60м
УКЛОНЫ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ		2° - 6°
ЗАОЗЕРЕННОСТЬ		ПРЕДЕЛЬНО СЛАБАЯ
<u>ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ СУБСТРАТ</u>		
ФАЦИАЛЬНАЯ ПРИРОДА И ЛИТОЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ ПОКРОВНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ		ПОЛИГЕНЕТИЧЕСКИЕ ЛЕССОВЫДНЫЕ ПОРОДЫ
ФАЦИАЛЬНАЯ ПРИРОДА И ЛИТОЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ПАЛЕОГЕНА И НЕОГЕНА		ГЛИНИСТЫЕ И СУПЕСЧАНО-СУГЛИНИСТЫЕ ОБЩЕО-АЛЮВИАЛЬНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ
ФАЦИАЛЬНЫЙ СОСТАВ МЕЗО-КАЙНОВОЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ		ФАЦИИ ПЕРЕМЕННОГО РЕЖИМА С ПРЕОБЛАДАНИЕМ КОНТИНЕНТАЛЬНЫХ
ХАРАКТЕР СОВРЕМЕННЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ		+ 4 мм в год
ОСНОВНЫЕ СТРУКТУРЫ МЕЗО-КАЙНОВОЙСКОГО ЧЕХЛА		КАМЕНСКИЙ ВЫСТУП
ГЛУБИНА ЗАЛЕГАНИЯ ПАЛЕОЗОЙСКОГО ФУНДАМЕНТА		СРАВНИТЕЛЬНО НЕЗНАЧИТЕЛЬНАЯ (ДО 500-700м). УЧАСТКАМИ ВЫХОДИТ НА ПОВЕРХНОСТЬ
ВОЗРАСТ СКЛАДЧАТОГО ФУНДАМЕНТА		КАЛЕДОНСКИЙ
<u>ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ</u>		
ХАРАКТЕР ПРОЯВЛЕНИЯ ЭЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ		ВОДНАЯ ЭРОЗИЯ
ТИПЫ ХИМИЗМА ЗАСОЛЕНИЯ ПОЧВ		ПРЕИМУЩЕСТВЕННО СОДОВЫЕ В ЗОНЕ СОПРЯЖЕНИЯ С АЛЮВИАЛЬНЫМИ РАВНИНАМИ
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ		ШИРОКО РАСПРОСТРАНЕНЫ ПРОСАДОЧНЫЕ ЛЕССОВЫДНЫЕ ПОРОДЫ
ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ		УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНЫЕ И ТАКЖЕ ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ ПРИУРОЧНЫ К ЧЕТВЕРТИЧНЫМ, ТРЕТИЧНЫМ И ПАЛЕОЗОЙСКИМ ОТЛОЖЕНИЯМ
ОБЕСПЕЧЕННОСТЬ МЕСТНЫМИ ВИДАМИ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ		ФАКТИЧЕСКИ ОТСУТСТВУЮТ
ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ ПРИУРОЧНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМ УГОДАМ АДМИНИСТРАТИВНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ОКРУЖАЮЩИХ РАВНИН ЗАПАДНОЙ СИБИРИ АЛТАЙСКИЙ КРАЙ (СТЕПНАЯ ЗОНА) НОВОСИБИРСКАЯ ОБЛАСТЬ СИМСКАЯ ОБЛАСТЬ ЦАБВОДАРСКАЯ ОБЛАСТЬ СЕВЕРО-КАЗАХСТАНСКАЯ ОБЛАСТЬ ТОМЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ (ЦЕННАЯ ЧАСТЬ)		



и одновременно отражает многие другие этапы в геологической эволюции Обь-Иртышского междуречья.

В наши дни вследствие значительной распашки сельскохозяйственных угодий отмеченная зона сопряжения денудационных и аллювиальных равнин стала ареной начального развития водной эрозии, явления которой здесь ранее никогда не наблюдались.

Особые трудности в решении проблемы мелиорации Барабинской степи определяются наличием на ее территории различных сложно построенных форм гривного рельефа. В любой работе по вопросам мелиорации Барабы всегда можно найти подробный разбор схемы движения почвенно-грунтовых вод по профилю «грива-межгривное понижение», определяющему характер проявления процессов засоления. При этом приводится фактический материал только по территории центральной части Барабинской степи, где в строении грив принимают участие верхнечетвертичные отложения. В зоне сопряжения денудационных и аллювиальных равнин в разрезах эрозионных одновременно обнажаются разнофациальные и разновозрастные четвертичные осадки и неогеновые глинистые отложения различной минерализации. Поэтому мелиоративное освоение большой зоны сопряжения денудационных и аллювиальных равнин относится к числу самых сложных проблем комплексного освоения земельных ресурсов Западно-Сибирской равнины. Процессы засоления по профилю «грива-межгривное понижение» в этих условиях могут принять самую различную тенденцию развития в зависимости от общей морфологии грив, литологического состава слагающих их осадков и характера их минерализации.

Все вышеизложенные положения о значении формационного подхода к изучению рельефа южных равнин Западной Сибири и его роли в рациональном освоении их земельных ресурсов и их охраны мы отразили на приложенной схеме (табл.).

Из анализа приведенной схемы можно сделать вполне обоснованный вывод о том, что геоморфологические формации южных равнин Западной Сибири ярко отражают единство форм земной поверхности и ее геологического содержания. По нашему мнению, формационный подход к познанию рельефа объединяет усилия геологов, геоморфологов и географов и открывает большие возможности для совместного решения больших водохозяйственных проблем. Мы не случайно сделали большой крен в сторону общей оценки роли формационного геоморфологического анализа в решении ряда практических задач дальнейшего развития сельского хозяйства Западной Сибири. Необходимо пом-

нить, что каждое новое направление в развитии любой науки может получить необходимую поддержку только при условии одновременного решения теоретических и практических вопросов. Формационный подход, несомненно, отражает новый этап в развитии геоморфологии. Он характеризуется расширением ее деловых контактов со смежными научными дисциплинами и углублением ее теоретических воззрений.

## ЛИТЕРАТУРА

*Арефьев В.С.* Генетические и инженерно-геологические особенности лесовых пород Верхнего Приобья. Автореф. дисс. на соиск. учен. степени канд. геол.-мин. наук Томск, 1975.

*Белецкая Н.П.* Рельеф Петропавловского Приисимья и история его развития в кайнозое. Автореф. дисс. на соиск. учен. степени канд. географических наук. М., 1974.

*Волков И.А.* Ишимская степь. (Рельеф и покровные лессовидные отложения). Новосибирск, 1965.

*Волков И.А.* Позднечетвертичная субэаральная формация. Новосибирск, 1971, 254 с. (Труды ин-та геологии и геофизики СО АН СССР, вып.107).

*Волков И.А., Волкова В.С., Задкова И.И.* Покровные лессовидные отложения и палеогеография юго-запада Западной Сибири в плиоценчетвертичное время. Новосибирск, «Наука», 1969.

*Голубенцев К.М.* Материалы инженерно-геологических исследований территории гор. Омска в строительных целях.—Омская область, 1937, № 9.

*Городецкая М.Е.* Морфоструктура и морфоскульптура юга Западно-Сибирской равнины. М., «Наука», 1972.

*Ермаков И.Г.* Условия формирования и физико-механические свойства кайнозойских отложений перигляциальной и внеледниковой зон Западно-Сибирской низменности. Автореф. дисс. на соиск. учен. степени канд. геол.-минерал. наук. Новосибирск, 1967.

*Кнуренко Л.М.* Изучение современных вертикальных движений земной коры Кузбасса и некоторые закономерности их проявления в целях регионального прогноза выбросоопасности. Автореф. дисс. на соиск. ученой степени канд. технических наук. Кемерово, 1975.

*Колмогорова П.П.* Изучение современных вертикальных движений земной коры Сибири. Автореф. дисс. на соиск. учен. степени канд. геол.-минерал. наук, Новосибирск, 1977.

*Кучин М.И.* Лессовые породы Приобья и Кузнецкой котловины.—«Сборник научных трудов Томского инженерно-строительного ин-та», т.VII, 1960.

*Липагина В.Я.* Остракоды из отложений грив Барабинской низменности.—«Геология и геофизика», 1976, № 10.

*Неустров С.С.* К вопросу об изучении послетретичных отложений Сибири.—«Почвоведение», 1925, № 3.

*Никитиенко Ф.А.* К вопросу о зональности распространения покровных лессовых пород в Западной Сибири.—«Труды Новосиб. ин-та инженеров ж.-д. транспорта», вып.58, 1967.

*Никитенко Ф.А., Храпов В.С.* О генезисе и гипергенезе лессовых пород.—«Труды Новосиб. ин-та инженеров ж.-д. транспорта», 1974, вып. 152.

*Николаев В.А.* Геоисторическая шкала четвертичных отложений Западно-Сибирской равнины.—В кн.: Проблемы геоморфологии и четвертичной геологии Северной Азии. Новосибирск, «Наука», 1976.

*Пилькевич И.В.* Гривный рельеф южной части Западно-Сибирской равнины. Автореф. дисс. на соиск. учен. степени канд. географ. наук. Новосибирск, 1974.

*Проводников Л.Я.* Фундамент платформенных областей Сибири. Новосибирск, «Наука», 1975.

*Фиалков Д.Н.* Современные вертикальные движения земной коры в Западно-Сибирской низменности по материалам повторных нивелировок повышенной точности.—«Изв. Омского отдела Географ. о-в СССР», 1956, вып.1 (8)

*Флоренсов Н.А.* О геоморфологических формациях.—«Геоморфология», 1971, № 2.

*Флоренсов Н.А.* Геоморфологические формации. История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока.—В кн.: Проблемы эндогенного рельефообразования. М., «Наука», 1976.

*Храпов В.С.* Состав и свойства лессовых пород нижнего-среднего плейстоцена правобережья р.Оби. Автореф. дисс. на соиск. учен. степени канд. геол.-минерал. наук. Томск, 1973.

*Шаевич Я.Е.* Состав, инженерно-геологическая характеристика и районирование лессовых пород района г. Новосибирска. Автореф. дисс. на соиск. учен. степени канд. геол.-минерал. наук. Иркутск, 1967.

*Шаров В.Н.* Плейстоценовые глинистые породы Восточной Барабы. Автореф. дисс. на соиск. учен. степени канд. геол.-минерал. наук. Томск, 1970.

*Шатский Н.С.* Мезо-кайнозойская тектоника Центрального Казахстана и Западно-Сибирской низменности.—В кн.: Сборник памяти акад. А.Д.Архангельского. М., 1951.

**К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПОНЯТИЯ  
«ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ».  
БЛИЖАЙШИЕ ЗАДАЧИ ИХ ИЗУЧЕНИЯ  
С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМНОГО  
ПОДХОДА**

**К определению понятия «геоморфологические формации».** Идея геоморфологических формаций, введенная и развиваемая Н.А.Флоренсовым с 1964 г. (Флоренсов, 1964, 1971, 1976), обещает, как представляется автору, перерасти в самостоятельное геолого-географическое направление, которое потребует переосмысливание фактического материала, полученного к настоящему времени, разработку новых путей сбора дополнительных данных о рельефе и структуре земной коры, а также создание новой системы знаний о строении и развитии твердой оболочки Земли.

Пятнадцать лет—небольшой срок жизни научной концепции, за который вряд ли возможно произвести окончательную ее разработку. Для современного уровня исследований этого направления характерны поиски научных моделей геоморфологических формаций, обсуждение содержаний основных понятий и определений, формулирование первоначальных задач и путей исследования. В начальный период, по-видимому, неизбежны использования различными авторами одних и тех же терминов в несколько отличных объемах и содержаниях, в связи с чем представляется целесообразным в начале геоморфологического формационного исследования по возможности определенно охарактеризовать позиции, занимаемые автором.

Геоморфологической формацией Н.А.Флоренсов предложил называть «... естественное и историческое обусловленное сочетание форм земной поверхности, связанных друг с другом единством места и времени и существующих при определенных климатических и тектонических режимах, порождающих тот или иной способ их (т.е. форм рельефа) подвижного равновесия. Иными словами, это закономерное в данной тектонической и географической обстановке и устойчивое во времени единство морфоструктуры и морфоскульптуры в их общеизвестном понимании» (Флоренсов, 1976, с.410).

Обратим внимание на два обстоятельства, содержащиеся в определении. Одно из них указывает на необходимость учета подвижного равновесия между формами рельефа. Основным механизмом установления такого равновесия, по-видимому, можно

считать способность форм рельефа видоизменяться с помощью перемещения, отложения и переотложения обломочного материала, образующегося за счет разрушения горных пород, слагающих геоморфологические формации и подвергающихся воздействию водной и воздушной оболочек Земли. Поэтому для изучения равновесия форм рельефа рационально рассматривать процессы рельефообразования и осадкообразования в их неразрывном единстве.

Второе обстоятельство заключается в том, что упомянутое равновесие порождается определенным сочетанием тектонического и климатического режимов. Следовательно, геоморфологический формационный анализ предполагает раскрытие закономерностей рельефо- и осадкообразования, обусловленных особенностями сочетания климатического и тектонического режимов в пределах конкретных участков верхней оболочки Земли.

Нетрудно заметить, что упомянутые общие принципы выделения геоморфологических формаций в большой степени приближаются к определению осадочных геологических формаций, для возникновения которых считаются необходимыми «... два условия: а) длительное сохранение на более или менее значительном участке однотипного в плане тектонического режима; б) длительное поддержание в области седиментации однотипных ландшафтно-климатических условий» (Геологический словарь, т.2, 1973, с.369).

Наряду со сходством геоморфологические и геологические формации обладают также различиями. Попытаемся сформулировать черты геоморфологических формаций, отличающие их от геологических.

1. Прежде всего геоморфологические формации представляют собой геолого-географические комплексы новейшего этапа жизни Земли. Если геологические формации можно рассматривать как сущности тектонических и климатических режимов прошлого Земли, овеществленные в геологических толщах, то к геоморфологическим формациям можно относиться как к выражению тектонических и климатических режимов новейшего этапа; совокупность тектоники и климата обуславливают создание определенных режимов осадко- и рельефообразования, которые в свою очередь определяют существование новейших и современных геолого-географических комплексов планеты. Геоморфологические формации, представленные этими комплексами, сочетаясь и гранича друг с другом, охватывают сплошной пеленой всю планету, не оставляя места для перерыва.

Мысль о том, что геоморфологический формационный анализ направлен, в первую очередь, на установление закономерностей строения и развития современного рельефа, неоднократно подчеркивается Н.А.Флоренсовым, который пишет: «Геоморфологическая формация, как инструмент познания, обращена только отчасти в прошлое, главным же образом, в настоящее ... и в будущее» (Флоренсов, 1971, с.7).

В этой связи необходимо особо остановиться на обсуждении вопроса наследования режимов рельефо- и осадкообразования в пределах конкретных участков Земли. Могут быть самые разнообразные сочетания в наложении свойств режимов новейших геоморфологических формаций на режимы геоморфологических формаций прошлого. Крайними выражениями наложения можно считать, с одной стороны, полную перестройку режимов рельефо- и осадкообразования (горы областей эпиплатформенного орогенеза), с другой — «сквозное» существование режимов в течение многих геологических эпох (примеры которого можно найти в работах Г.И.Худякова (1972) ). К случаям «сквозного» развития Н.А.Флоренсов (1976) относит также примеры длительно развивающихся великих равнин. Между упомянутыми крайними выражениями наследования режимов заключен бесчисленный ряд частных перестроек существенных и несущественных признаков. Можно предполагать, что пристрастное изучение вопросов наследования режимов осадко- и рельефообразования, которое составит необходимую часть геоморфологического формационного анализа, приведет к значительному обогащению наших знаний о структуре верхней оболочки планеты. Имея дело с проявлением «сквозного» развития, необходимо помнить при геоморфологическом формационном анализе, что предметом его исследования является все-таки новейшая геоморфологическая формация.

2. Если исходить из режима осадко- и рельефообразования как фактора, определяющего тенденцию развития геоморфологических формаций, то последние можно разделить на два типа. Первый тип включает области сноса, в которых разрушающие процессы денудации постоянно захватывают все новые и новые порции земной коры, выходящие на соприкосновение с газовой и водной оболочками Земли. Здесь наблюдается большая подвижность рыхлого материала, при которой стадии отложения осадков и транспорта трудно различимы и не могут противопоставляться друг другу. В таких условиях слоеобразование обычно не может прийти к своему завершению. Этот тип геоморфологических формаций с эфемерным проявлением осадкообра-

зования либо вообще не переходит в ископаемое состояние, либо обнаруживается в геологических разрезах в виде поверхностей перерывов.

Другой тип геоморфологических формаций охватывает области устойчивой аккумуляции на земной поверхности. За время их существования возникают аккумулятивные толщи, которые переходят в ископаемое состояние. В определенном смысле, такие ископаемые толщи и составляют геологические (осадочные) формации.

3. Обратимся к вопросу «представительства» геоморфологических формаций на планете и попытаемся определить предмет геоморфологического формационного анализа. Может быть задача несколько облегчится, если рассматривать вопрос в связи с картированием геоморфологических формаций и снова прибегнуть к сравнению с геологическим формационным анализом. Карты геологических осадочных формаций соответственно определению, приведенному в геологическом словаре (1973, т.1), показывают распространение реально существующих парагенетически связанных друг с другом сообществ горных пород, которые отражают закономерности геолого-географического развития конкретных участков земной коры.

Карты геоморфологических формаций должны отражать взаиморасположение реально существующих парагенетически связанных друг с другом сообществ элементов рельефа земной поверхности, находящихся в единстве с процессами осадкообразования (под парагенезисом подразумевается не только сонахождение, но также и происхождение). Особенности этих сообществ отражают закономерности геолого-географических условий конкретных участков земной коры новейшего этапа ее развития (географического и геолого-тектонического режимов). Другими словами, геоморфологические формации на земной поверхности проявляются как парагенетически связанные структуры рельефа Земли с соответствующими этим структурам условиями и свойствами осадкообразования (как геолого-географические комплексы новейшего этапа развития Земли).

**О рациональности применения системного подхода при изучении геоморфологических формаций. О месте геоморфологии в геоморфологическом формационном анализе.** Одним из основных назначений геоморфологического формационного анализа, вероятно, можно считать установление закономерностей распределения процессов новейших лито- и морфогенезов на земной поверхности (установление принципов геоморфолого-формационной делимости земной коры).

Выполнение такого анализа сопряжено с большими трудностями, несмотря на то, что, казалось бы, одно из главных составляющих геоморфологических формаций—рельеф и приуроченное к нему осадкообразование—поддаются непосредственному наблюдению. Дело в том, что при формационном анализе рельефом необходимо воспользоваться как ключом, который откроет дверь в мир понимания взаимодействия тектонического и климатического режимов, синхронных рельефообразованию. В таком исследовании придется изучать развитие рельефа и одновременное с ним осадкообразование как результат взаимодействия, по крайней мере, трех факторов: тектонических движений новейшего этапа, деятельности экзогенных процессов и структурно-геологических свойств горных пород, слагающих объемы, в которых происходят преобразования, ответственные за морфо- и литогенезы.

Характеризуя перспективы такого исследования в самых общих чертах, необходимо отметить два осложняющих обстоятельства. Прежде всего потребуется взаимное участие большого количества специалистов в решении единой проблемы, поскольку речь пойдет о раскрытии закономерностей неравномерного распределения механических и физико-химических напряжений в земной коре и на поверхности планеты, а также об участии биологической компоненты в регулировании динамических особенностей развития верхней части Земли.

Второе обстоятельство выразится в необходимости разработки единой теории, охватывающей разнообразные явления в земной коре, примерами которых могут служить механические перемещения масс (в том числе образование тектонических структур), физико-химическое саморазвитие вещества, вызывающее деформации земной коры за счет, например, изменения объемов, процессы магматизма, морфогенеза, литогенеза и т.п.. При этом потребуются выявление взаимовлияния процессов друг на друга, установление динамической роли рельефа в этой взаимосвязи, изучение развития (поведения) всего комплекса явлений в целом. Поскольку рассмотрению должны подлежать вопросы развития (поведения) природных комплексов как целостных организмов, представляется рациональным в качестве принципа, объединяющего различных специалистов, принять современную системную ориентацию.

Такие междисциплинарные исследования должны отличаться от часто встречающихся в геологии комплексных работ наличием «... по меньшей мере четырех условий: 1—гипотезы о существовании явления, о связях исследуемых элементов или

общей модели явления, пригодной не только для анализа, но и для синтеза; чаще всего в современных условиях начальным выступает представление об объекте исследования как о системе; 2—четкого представления о конечном продукте (результате) исследования (о его содержании и форме); 3—модели исследовательской деятельности; 4—присутствия в составе исследовательского коллектива группы или отдельного лица, являющегося не только административным руководителем, но прежде всего лидером-хранителем идеи единства объекта». (Преображенский, 1977, с.56). Выполнение программы возможно лишь при участии специалистов многих дисциплин, представленных не только географами и геологами разных профилей, но также физиками, химиками, математиками, при этом каждый из специалистов должен быть готовым иногда «пожертвовать» самостоятельным (профессиональным) интересом (например, углубленным изучением «узкого» вопроса) ради достижения общей цели — синтеза целостного объекта изучения.

Можно ожидать, что в таком творческом процессе существенное место займут геоморфологические исследования, поскольку непосредственному наблюдению поддаются именно рельеф и экзогенные процессы — эти основные факторы континентального лито- и морфогенезов. Поняв основные законы развития «видимого», можно приблизиться к установлению закономерностей невидимых процессов, обнаруживающих себя в этом «видимом».

Здесь автор солидарен с Н.А.Флоренсовым, который пишет: «Расшифровка в этом случае (в случае изучения геоморфологических формаций—З.Х.) начинается с морфологии. Последняя через анализ субстрата (геоморфологической структуры) и действующих рельефообразующих процессов приводит в конечном счете к геоморфологическому их синтезу, и тогда место выведенной подобным образом геоморфологической формации становится определенным, ее внешние связи—отчетливыми, а прочтение ее будущего—вероятным, хотя и многовариантным» (Флоренсов, 1971, с.7).

Этим, в сущности, и определится место геоморфологии в геоморфологическом формационном анализе. Ее значение усилится тем, что предмет ее изучения требует в равной степени заинтересованности в выявлении как географических, так и геологических закономерностей строения и развития участков земной поверхности. При системной ориентации геоморфология может занять место связующего звена между географией и геологией, между геофизикой «от географии» и геофизикой «от

геологии». Хочется надеяться, что сказанное в какой-то степени объясняет, почему первые шаги в изучении геоморфологических формаций делаются со стороны геоморфологии.

### **Общая характеристика системного подхода в геоморфологии.**

Применение научного языка общей теории систем в геоморфологии стало достижением только последнего десятилетия. Излагаемый материал необходимо рассматривать не как подведение итоговых результатов, достигнутых в этой области, а как поиск моделей геоморфологических систем, а также геоморфологическое осмысливание общего научного подхода, известного как системная ориентация (Системные исследования, 1969). Более подробное изложение отношения автора к этому направлению можно найти в его других публикациях (Хворостова, 1971, 1973, 1975, 1976-а, 1976-б).

Думается, что в качестве главной (наиболее общей) особенности системного подхода можно считать свойственное только этому подходу отношение к изучаемому объекту: сложный объект, состоящий из многих взаимосвязанных элементов, рассматривается как единый организм. Понятие организма здесь употребляется в качестве организованной целостности, причем неважно, является ли рассматриваемая целостность живым организмом или относится к мертвой природе. Существенно, что организованность выражает такую упорядоченность элементов, которая «работает» на достижение определенной цели. Предполагаемая организация обязательно включает процессы саморегуляции системы.

Выделение системы в процедуре исследования как целостного организма, вычленение элементов, из которых она состоит, а также установление цели существования системы зависит от содержания задачи, стоящей перед исследователем.

Попробуем сделать соответствующие определения применительно к рассматриваемой задаче. С этой целью вернемся к содержанию понятия «геоморфологические формации» Н.А.Флоренсова, приведенному в начале статьи, обращая внимание на акцент, подчеркивающий подвижное равновесие форм рельефа как способ их сосуществования.

Такое подвижное равновесие участвует в длинной цепи явлений, направленных на сохранение Земли как целостного объекта в гравитационном поле и в условиях вращения планеты. Следовательно, можно попытаться сформулировать цель естественных процессов в геоморфологических формациях таким образом: она заключается в стремлении посылно участвовать в механизме сохранения Земли как планетного тела в состоянии

подвижного равновесия. Попутно произошло выделение и самой системы как организованного целого. Эта сложная динамическая система представлена планетным телом «Земля», окружающее же поле солнечной системы составляет в таком случае внешнюю среду для системы «Земля».

Можно предположить, образно выражаясь, что земная кора играет роль кожного покрова, через который совершается обмен веществом и энергией между планетой и внешним миром. В число процессов обмена входят такие явления как процессы геотектогенеза, магматизма, литогенеза, морфогенеза, почвообразования, жизнедеятельности живых организмов, климатообразующей деятельности атмосферы и другие подобные проявления жизни планеты как системы.

Системная ориентация приводит к предположению, что высокая степень организации, обеспечивающая возможность планеты приспособиться к внешним условиям до достижения с ними подвижного равновесия, основана на иерархическом строении системы. Это означает, что каждая система, состоя из элементов, сама является элементом более крупной системы. Между уровнями, расположенными на разных ступенях иерархической лестницы, существуют связи управления. Внутри каждого отдельного уровня его самостоятельные элементы находятся в координационных отношениях и связях.

Решение таких вопросов, как выявление межкомплексных и межкомпонентных связей внутри каждого иерархического уровня, равно как и установление субординационных связей между уровнями потребует учитывать взаимообусловленное проявление всех геолого-географических процессов, участвующих в жизнедеятельности системы.

**Исторические предпосылки системного подхода в геоморфологии (некоторые приемы традиционных средств геоморфологического анализа, переходящие в системный подход).** Представление о необходимости комплексного изучения объекта исследования, составляющее одну из главных черт системной ориентации, в науках о Земле не ново; акцент на выявление взаимодействия всех процессов, участвующих в образовании лика планеты, с полным основанием может считаться традиционным. В конце прошлого столетия в работах В.В.Докучаева, установившего два основных физико-географических закона — закон цельности и неразрывности географической среды и закон географической зональности — выделены географические зоны как особые природные тела, в которых атмосфера, горные породы, животные и растительность, вода и почва составляют единый организм (Докучаев, 1949).

В первой половине двадцатого столетия эстафета научного направления, содержащего стиль системного мышления, переходит к исследованиям, ярким выразителем которых явился А.А.Григорьев, показавший, что движущей силой любого географического явления можно считать единство прогнитоэологично направленных процессов прихода и расхода вещества и энергии, их ассимиляции и диссимиляции. Он писал: «... в основе взаимосвязи, взаимодействия и взаимообусловленности компонентов географической оболочки земного шара лежит обмен веществ и энергии между ее компонентами, а также между этой оболочкой и «внешним миром» (элементами космоса, прежде всего солнечной радиацией с одной стороны, и подкорковыми массами — с другой» (Григорьев, 1960, с.290). При разработке упомянутой концепции в географии был применен метод балансовых характеристик обмена веществом и энергией (Григорьев, Будыко, 1956), приведший к значительным результатам.

К первым же десятилетиям двадцатого века относится формулировка одного из геоморфологических законов, который также должен войти в достояние системного подхода при изучении геоморфологических формаций. В 1924 г., вскрывая наиболее общие связи, ответственные за направленность эволюции рельефа, В.Пенк сформулировал основной закон геоморфологии: «Для формирования земной поверхности решающее значение имеет соотношение интенсивности эндогенных и экзогенных перемещений масс» (Пенк, 1961, с.58).

Получение количественных показателей упомянутых взаимодействий, по-видимому, уходит в наиболее далекие перспективы. Однако уже сейчас геоморфология готова к качественному изучению динамики геоморфологических комплексов. В этом случае особенно плодотворным может оказаться метод балансовых характеристик обмена веществом и энергией, позволяющий по морфологическим и генетическим признакам природных объектов, доступным непосредственному наблюдению, судить о направленности и интенсивности обмена.

Определение энергетических характеристик геолого-географических систем, вероятно, нужно рассматривать в тесной связи с пониманием условий как равновесных состояний этих систем, так и отклонений от равновесия в ту или другую сторону. Если иметь в виду это положение, то можно сказать, что современная геоморфология располагает достаточной базой для внедрения системного подхода в изучение рельефа, поскольку исследование равновесного и неравновесного состояний рельефообразующих процессов в геоморфологии занимает, пожалуй, ведущее положение.

Прежде всего нужно напомнить о многочисленных работах, связанных с установлением понятия о равновесном профиле реки. «Проблема профилей равновесия — это часть общей проблемы саморегулирующихся процессов и систем, одной из важнейших проблем современной науки» (Пиотровский, 1964, с.54). Большие результаты можно ожидать от творчески активного и всестороннего развития концепции геоморфологических уровней К.К.Маркова (1948), а также идеи о динамических фазах рельефо- и осадкообразования В.В.Ламакина (фазах врезания, транзита и аккумуляции) (Ламакин, 1948, 1950).

Опыт И.П.Карташова (1972) по применению концепции В.В.Ламакина в изучении геологической и геоморфологической деятельности рек показывает широкие возможности использования балансовых характеристик для изучения динамических особенностей экзогенных процессов. И.П.Карташов направленность и интенсивность флювиальных процессов рассматривает в зависимости от баланса рыхлого материала, соответствующего условиям формирования аллювиальных толщ. Выделение форм рельефа по этому признаку построено на изучении связи между интенсивностью и направленностью формообразующего процесса, с одной стороны, и насыщенностью экзогенного агента рыхлым материалом — с другой. Эта балансовая характеристика определяет отношение между работоспособностью агента и возможностью среды предоставить в его распоряжение рыхлый материал для переноса, причем первое обеспечивает расходную часть баланса, второе — приходную. Таким образом, рельефообразование может происходить при отрицательном, равновесном и положительном балансах рыхлого материала, что соответственно будет характеризовать следующие динамические фазы рельефообразования: фазу врезания, фазу перестилания (транзита) и фазу накопления.

Состояние изученности форм и отложений флювиального происхождения не оставляет сомнения в том, что по характеру рельефа и особенностям отложений, коррелятных его образованию, геоморфологи могут судить о динамических фазах процесса. Существуют также предпосылки для того, чтобы предполагать возможность довести наши знания о склоновых процессах, формах и отложениях до аналогичного уровня. Имеются уже и первые попытки исследований в этом направлении, например, З.М.Хворостовой (1971), Э.Э.Титова (1971).

Разработка теоретических основ системной ориентации в геоморфологии должна опираться на результаты, полученные при развитии упомянутых направлений, привести их в научную

систему, отвечающую современному уровню знаний, включая понятийные и конструктивные элементы кибернетики.

### **Элементы новизны, связанные с системной ориентацией.**

Одним из наиболее существенных отличий системной ориентации в геоморфологии, вероятно, можно считать употребление приема расчленения объекта исследования на иерархические уровни, соединенные связями управления. Выбор признаков, по которым должны вычленяться уровни и установление объемов этих уровней могут считаться первоочередными задачами системных геоморфологических исследований. Нужны не случайные, а существенные признаки, не производные, а определяющие, от которых зависит набор и степень проявления других признаков, которые будут раскрывать межкомпонентные и межкомплексные связи, а также связи управления между иерархическими уровнями. Поскольку речь идет о предсказании поведения системы, такие признаки должны также характеризовать главный механизм, определяющий развитие системы, энергетические основы ее эволюции.

Если вскрывать самые общие пружины развития земной коры, то нужно рассматривать это развитие как результат непрерывного обмена веществом и энергией между компонентами и геолого-географическими комплексами природной среды. На это обстоятельство обращал особое внимание А.А.Григорьев (1952). Развитие географической оболочки происходит лишь потому, что вещество и энергия в ее пределах распределены неравномерно; их взаимные превращения и перемещения вызваны стремлением природы к достижению состояния динамического равновесия. Учитывая высказанные соображения, можно предположить, что основной критерий вычленения и динамической характеристики природных комплексов должен опираться на показатели, главным образом, характеризующие количество вещества и энергии, содержащиеся в комплексе. Определение такого показателя связано с рассмотрением самых глубинных вопросов геологии и географии, поскольку оно касается исследования взаимных переходов друг в друга твердой, жидкой и газообразной фаз планетного вещества, сопровождающихся обменом энергии и преобразованием одних ее видов в другие.

Очевидно, что исследования такого рода лежат в сфере интересов геофизики и геохимии природных систем. Однако учет лишь этих превращений даст одностороннюю характеристику изучаемого объекта, полное представление о динамических свойствах которого можно получить только при привлечении также знания взаимопереходов между неорганическими и био-

логическими компонентами географической среды. На повестку дня станут вопросы изучения таких превращений и накопления энергии и вещества, которые связаны с переработкой солнечной энергии в результате фотосинтеза, а также с преобразованиями в почве, происходящими под влиянием микроорганизмов и ферментов (высокмолекулярных белковых катализаторов), способных увеличить скорости реакций в почвообразующих породах в десятки раз. Без привлечения исследований в области биохимии, биологии и почвоведения, направленных специально на раскрытие динамических свойств геолого-географических комплексов, вряд ли возможно вполне удовлетворительно справиться с установлением законов развития этих комплексов.

Раскрытие механизма взаимного проникновения друг в друга геофизических, геохимических и биологических процессов, результатом которого является жизнедеятельность геолого-географических систем, сначала, вероятно, должно производиться отдельно для каждого иерархического уровня, при этом принимается предположение, что в пределах каждого уровня происходит обмен веществом и энергией, свойственный для объема этого уровня. В таком случае задачи выделения объемов уровней и определения процессов обмена веществом и энергией внутри них тесно переплетаются.

Выделение системы самого высокого иерархического уровня (в том случае самого высокого, если не выходить из масштаба предпринимаемых нами исследований) произведено выше. Этот уровень представлен планетным организмом «Земля» с заключенными в нем физико-химическими процессами, составляющими основу геологической динамики земной коры—гравитационной дифференциацией глубинного вещества, периодическими накоплениями и освобождениями радиоактивного тепла, фазовыми и полиморфными превращениями глубинного вещества, глубинными конвекционными течениями, процессами магматизма, метаморфизма и т.п.

Попытаемся определить объем начального (самого низкого) иерархического уровня. По-видимому, будет несколько легче начать обсуждение с рельефа. В геоморфологии существует понятие элементарной генетически однородной поверхности рельефа, образно выражаясь,—атома геоморфологического комплекса. Примерами таких элементарных поверхностей могут служить субгоризонтальные участки речных террас, разнообразные склоны, озерные пляжи и т.д. Возникает вопрос: нельзя ли элементарные генетически однородные поверхности рельефа рассматривать как автономные элементы (геоморфологические системы)

самого низкого иерархического уровня? Автору представляется, что на этом пути может ожидать трудность, которая выражается в том, что можно ошибиться, приняв отношение подчинения части и целого за отношение подчинения рода и вида (тривиальный пример, иллюстрирующий названные отношения подчинения: лютик  $\rightarrow$  растение—отношение подчинения рода и вида; лист лютика  $\rightarrow$  часть растения—отношение подчинения части и целого). Необходимо учитывать, что видовые понятия должны содержать в себе существенные признаки подчиняющих родовых понятий.

Какие же признаки при системном подходе настолько существенны, что должны прослеживаться до начального уровня включительно? Вероятно, они должны характеризовать показатели обмена веществом и энергией в процессе рельефо- и осадкообразования. Вряд ли перспективно в качестве самостоятельных элементов начального иерархического уровня рассматривать объекты настолько малые, что они должны принадлежать рангу отдельных генетически однородных форм или элементов рельефа, если в качестве главной задачи исследования принято определение динамических характеристик. Автору представляется, что энергетические характеристики геоморфологического процесса можно полнее раскрыть, если начальными объектами системного анализа считать сочетания генетически разнородных элементов рельефа, объединенных парagenетическими связями (связями происхождения).

В качестве примера можно привести участок горного рельефа, образованного элювиальными, склоновыми и речными процессами. Динамические состояния всех экзогенных процессов в его пределах настолько тесно связаны между собой, что в целях определения энергетической характеристики геоморфологического процесса в целом нет смысла различать отдельные генетические виды рельефа. Знания о направленности всех рельефообразующих процессов в их совокупном взаимодействии только обогатят заключение о направленности и интенсивности геоморфологического процесса в целом.

Остановимся на характеристике процессов осадкообразования, проявляющихся в пределах автономных элементов самого низкого иерархического уровня. Геологические процессы площадной и линейной денудации (аккумуляции), соучаствующие вместе с процессами рельефообразования в формировании естественных геолого-географических комплексов этого уровня, являются результатом механического, физического и химического перемещения и превращения вещества в результате проявления

таких, например, процессов как дезинтеграция коренных пород при физическом и химическом выветривании, почвообразование, деятельность грунтовых вод, поверхностный сток и перенос твердых осадков водотоками, плоскостное перемещение обломочного материала (обвалы, осыпи, медленное сползание рыхлых масс в виде крипа и десерпции, солифлюкция, делювиальный смыл), переотложение рыхлого материала ветром, многообразные результаты жизнедеятельности органической составляющей ландшафта:

Если вопрос о верхней границе объема самого низкого иерархического уровня представляется более или менее ясным (это рельеф земной поверхности, несущий на себе географический ландшафт), то расположение нижней границы вряд ли может быть определено недвусмысленно, даже в предположительной форме. В этой связи можно обсуждать следующие две плоскости раздела в земной коре. Прежде всего это область перехода элювиальных образований в подстилающие коренные породы, выше которой имеют место процессы дезинтеграции коренных пород, переводящие их в подвижное состояние, что способствует транспортировке рыхлого материала экзогенными процессами. Однако, возможно, нижняя граница объема рассматриваемого уровня должна быть опущена до глубины залегания грунтовых вод, поскольку во многих случаях режим грунтовых вод оказывает непосредственное влияние на рельефо- и осадкообразование.

Итак, в качестве поискового варианта можно предложить принять объем части земной коры, заключенный между поверхностью Земли и глубиной залегания горных пород, не подвергающихся выветриванию (или, возможно, грунтовых вод) за самый низкий (начальный) иерархический уровень организации геолого-географических комплексов.

Динамические свойства приповерхностного иерархического уровня определяются физическими и химическими напряжениями, существующими внутри горных пород, участвующих в экзогенном рельефообразовании, а также в экзогенных средах, осуществляющих перенос обломочного материала. Как уже говорилось, современный уровень геоморфологии не позволяет производить количественный учет вещества и энергии, заключенных внутри автономных элементов уровня. Однако возможность определения энергетических состояний этих элементов открывается при геоморфологическом анализе, определяющем их сравнительное положение относительно состояния равновесия. В этом случае можно достигнуть определенных успехов, используя опыт

учета балансов рыхлого материала.

Рассмотрим пример, относящийся к условиям гумидного климата, при котором элементы приповерхностного иерархического уровня будут представлены парагенетически связанными водоразделами, склонами, террасами, поймами и руслами. При принятом подходе каждое конкретное парагенетическое единение будет обусловлено единством динамической фазы рельефо- и осадкообразования. Приповерхностный уровень разделится на инстративные, констративные или перстративные геолого-географические комплексы. Изучение балансов рыхлого материала, находящееся даже на самых ранних своих стадиях, потребует анализа всех многочисленных, уже упомянутых, факторов, участвующих в формировании геолого-географических комплексов. Стоит, например, начать изучать интенсивность денудации, как потребуется знать влияние на нее количества атмосферных осадков, испарения, способности подстилающих пород к инфильтрации, типов подземного и поверхностного стоков, валового увлажнения обломочного чехла, его механического состава и степени насыщенности коллоидами, устойчивости подстилающих пород при местных температурных и водных режимах, микро- и мезоструктуры геологических тел, степени развития почвенного покрова, биологическую составляющую комплекса, местные уклоны рельефа и другие компоненты природы.

При проведении перечисленных анализов придется столкнуться не только со знакомыми и удовлетворительно разработанными приемами в геоморфологии, но также с исследованиями, которые редко проводились до сих пор и методика которых должна разрабатываться почти с нуля. Речь идет об изучении зависимости формирования рельефа от процессов, совершающихся в почвах и о биологической составляющей в энергетике рельефообразования. Между тем эти факторы могут играть регулирующую роль в создании динамических свойств геолого-географических комплексов, на что обратил внимание И.П. Герасимов (1970).

Для облегчения перехода к определению более высоких уровней иерархии снова обратимся к аналогии с геологической формацией. Напомним высказывание Н.С. Шатского (1965, с.53): «Если минералы—парагенезисы элементов, горные породы—парагенезисы минералов, то геологические формации — парагенезисы горных пород», которое при изучении геоморфологических формаций как бы призывает воспользоваться уже проторенными в геологии путями. Как представляется, автономные элементы самого низкого иерархического уровня по своему значению в процессе познания могут занять место минералов, а

генетически однородные поверхности рельефа — место химических элементов.

Не станем обсуждать, имеет ли значение для формационного геологического анализа изучение химических элементов, входящих в геологические формации. Важно подчеркнуть, что в формационном геоморфологическом анализе исследование генетически однородных поверхностей рельефа является неизбежным. Причем оно должно проводиться с определенным уклоном, позволяющим сделать вывод об энергетическом состоянии геоморфологического процесса в целом. Чтобы пояснить эту мысль, допустим, что при изучении генетически однородных поверхностей рельефа использован метод картирования. В качестве главной нагрузки карты выступают однородные поверхности рельефа, выделенные по двум признакам: генетическому (по экзогенному рельефообразующему процессу) и по способу образования поверхности (аккумулятивному, деструктивному, деструктивно-аккумулятивному). Для формационного анализа лучше послужит такая карта, на которой основное средство изображения — цвет — присвоится второму признаку. Генезис форм можно показать способом штриховки, подчинив его признаку направленности развития форм. Значение определения генетической сути главным образом будет выражаться в том, чтобы помочь с наибольшей полнотой понять направленность процесса, оттененную генетическим своеобразием. Только детальное знание генетических свойств рельефа может обеспечить надежное расчленение самого низкого иерархического уровня на составляющие его автономные геолого-географические комплексы.

Для того, чтобы перейти на следующий иерархический уровень, располагая членами самого низкого уровня («аналогами минералов»), можно воспользоваться приемами, к которым прибегают геологи, выделяя горные породы на основании знаний о минералогическом составе, а также о структурных и текстурных особенностях пород.

Итак, в нашем случае «минералогический состав» — это сумма геолого-географических комплексов, представленных генетически разнородными поверхностями рельефа, объединенными парагенезисом. «Структурные особенности» — это взаимное расположение этих комплексов, не случайное сонахождение, а динамически необходимая, вызванная спонтанным развитием совокупность.

В качестве самостоятельных элементов второго иерархического уровня предполагается рассматривать такие геолого-географические комплексы, которые состоят из одинаковых наборов

элементов первого уровня, причем эти элементы должны находиться в одинаковых взаимоотношениях (составлять однотипную структуру земной поверхности). Примерами элементов второго уровня могут служить отдельные горные участки, характеризующиеся одинаково направленным и сходным по интенсивности осадко- и рельефообразованием, определяющимся близкими значениями баланса рыхлого материала. Отдельные межгорные впадины, однородные на всем своем протяжении, также могут рассматриваться как автономные элементы второго уровня.

Самостоятельными элементами третьего иерархического уровня можно считать геолого-географические комплексы, объединяющие такие элементы второго уровня, которые характеризуются одинаковой направленностью осадко- и рельефообразования, в то время как интенсивность геолого-географического процесса может меняться внутри элемента от участка к участку. Примерами элементов третьего уровня могут служить горные хребты, нагорья, межгорные равнины.

В четвертый иерархический уровень должны входить геолого-географические комплексы, различающиеся уже не только по интенсивности, но и по направленности рельефо- и осадкообразования. Возможно, различие в комбинациях автономных элементов этого уровня определит основы выделения разных геоморфологических формаций в том объеме, который предложил им предписывать Н.А.Флоренсов (1964, 1971). В качестве примеров этих категорий Н.А.Флоренсов приводит рифтовую формацию и формацию островных дуг и глубоководных желобов. Понятно, что самостоятельные элементы этого уровня будут представлены геолого-географическими комплексами, относящимися к рангу горных стран и крупных равнин.

Остановим прослеживание на этом (формационном) уровне, сделав небольшое отступление. Речь идет о том, что в процессе геоморфологического формационного анализа, возможно, возникнет необходимость выделения еще одного уровня, занимающего промежуточное положение между третьим и четвертым (формационным) уровнями. В некоторых случаях могут выявиться связи, которые заставят среди формационного уровня обособлять геолого-географические структуры, объединяющие два, может быть, три автономных элемента третьего уровня. Такое положение представляется наиболее вероятным при осмыслении связи некоторых горных группировок с прилегающими к ним компенсационными впадинами.

Определение объемов иерархических уровней, относящихся к рангам более высоким, чем первый, потребует специальных

исследований. Сейчас выскажем лишь некоторые предположения. Верхние границы этих объемов, возможно, придется располагать в газовой оболочке Земли, где формируются локальные и региональные климаты планеты; нижние границы по мере перехода ко все более высоким уровням должны опускаться на все большую глубину от земной поверхности. Это предположение основывается на данных геофизических исследований, свидетельствующих о сложной, но несомненной связи рельефа с внутренним строением земной коры, с положением границы Мохо и физическим состоянием верхов верхней мантии.

Приведенные выше примеры геоморфологических формаций Н.А.Флоренсова позволяют поставить вопрос: нельзя ли в качестве плоскости, ограничивающей формационный иерархический уровень снизу, рассматривать подошву земной коры? Если это так, то нижние плоскости раздела подчиненных иерархических уровней лежат где-то внутри земной коры, между ее подошвой и земной поверхностью.

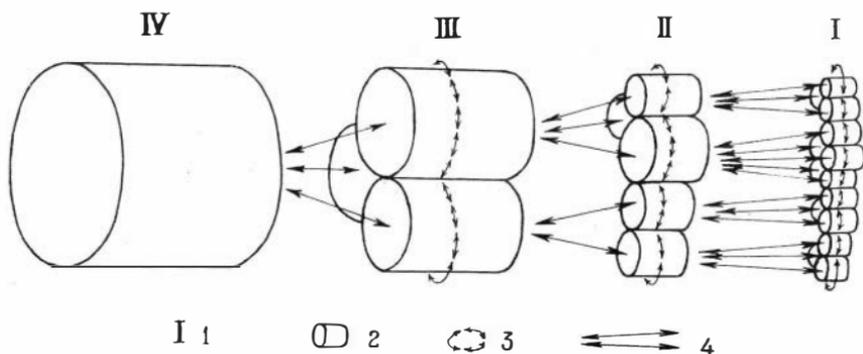
В связи с обсуждением объемов иерархических уровней особого внимания заслуживает рассмотрение отношения исследователя к «наполнителю» объемов: к тому материальному геологическому содержанию, которое получено уровнем от прошлых геологических эпох и представлено комплексом горных пород, превращенных тектоническими, магматическими и метаморфическими процессами прошлого Земли в различные геологические тела, слагающие тот или иной иерархический уровень.

Позиция автора выражается в том, что это материально-структурное содержание коровой среды противопоставляется новейшим физико-химическим и механическим глубинным процессам, составляющим основу новейшей геолого-географической динамики земной коры. В то же время к проявлению структурно-геологических особенностей «наполнителя», несмотря на его, казалось бы, явно статический характер, нельзя относиться как к выражению «мертвой» структуры субстрата, не участвующей в процессе становления геолого-географических систем. Это участие может проявиться, например, в том, что внутреннее саморазвитие корового вещества может повлечь за собой изменение объемов, что, в свою очередь, вызовет возникновение механических напряжений в земной коре, приводящих к деформациям. Периодические процессы накопления и освобождения радиоактивного тепла, движение тепловых волн, процессы магматизма и метаморфизма также в определенной мере зависят от состава и структуры земной коры, унаследованных с более древних этапов развития Земли. Затронутые вопросы очень сложны

и находятся вне компетенции автора; хотелось только еще раз подчеркнуть, что, с нашей точки зрения, основной задачей геоморфологического формационного анализа нужно считать изучение новейших режимов осадко- и рельефообразования, обусловленных сочетанием новейших тектонического и климатического режимов.

Обеспечение условий сохранения Земли как планеты осуществляется с помощью упорядоченного (управляемого) функционирования систем всех иерархических уровней. Здесь под функцией понимается назначение элементов системы выполнять такую работу, которая способствует сохранению системы как организованного целого. Такое употребление понятия приближает его к смыслу, придаваемому ему в физиологии, и отличается от того понятия «функции», которое часто используется в геоморфологии для выражения зависимости между переменными величинами, близкой к математическому смыслу (таково, например, употребление этого понятия в дэвисовской формуле «Рельеф есть функция структуры, процесса и времени»). Раскрытие функциональных связей при системной ориентации приобретает главный смысл, которому подчинены исследования причинно-следственных, генетических, пространственных и временных зависимостей. Последние при системном подходе выполняют вспомогательную роль.

Поскольку функциональные связи в геолого-географических процессах осуществляются, в основном, в результате обмена веществом и энергией, выделение вышестоящих систем также должно основываться на признаках, указывающих на интенсивность и направленность обмена. Классификации более высоких уровней рационально основывать также на балансовых характеристиках, только члены балансовых уравнений для каждого уровня будут разными. Определение этих членов—ответственная и очень трудная задача. Вероятно, для формационного иерархического уровня необходимо оперировать понятиями, введенными в балансовую характеристику в уже цитированной работе А.А.Григорьева. Это, с одной стороны, влияние космоса, прежде всего солнечной радиации, с другой—воздействие на географическую оболочку подкоровых масс. Для определения членов балансовых уравнений иерархических уровней расположенных между формационным и приповерхностным уровнями, может послужить развитие идеи О.В.Кашменской (1971, 1973, 1976) о балансах вещества и энергии в земной коре. При переходе с каждого более низкого уровня на соседний, более высокий, вероятно, придется охватывать все более глубокие области земной коры.



Принципиальная схема иерархического строения геоморфологической формации как системы.

I—номера иерархических урвнений (I—уровень геолого-географических систем, представленных генетически разнородными поверхностями, которые объединены на основании парагенетического единства (примеры систем: узкий гребневидный водораздел—крутой однородный склон—узкое дно долины врезающейся реки; широкий покатный водораздел—выпукло-вогнутый полигенетический склон—речные террасы—широкое дно долины); II—уровень геолого-географических систем, представленных системами I-го уровня, объединенными на основании единства выражения (интенсивности) какой-либо динамической фазы рельефо- и осадкообразования (примеры систем: небольшие однородные горные массивы, небольшие однородные межгорные впадины); III—уровень геолого-географических систем, представленных системами II-го уровня, объединенными на основании качественного единства динамической фазы (примеры систем: обширные горные группы, межгорные равнины); IV—уровень геолого-географических систем, представленных системами III-го уровня, объединенными на основании своеобразия количественного состава, а также пространственного взаимосочетания систем III-го уровня (примеры систем: горные страны, самостоятельные равнины); 2 — автономные элементы (геолого-географические системы) внутри каждого иерархического уровня; 3 — координационные связи между автономными элементами внутри каждого уровня; 4 — субординационные связи между уровнями. При выделении систем названы некоторые и только геоморфологические признаки. Изображено резко ограниченное количество элементов.

На прилагаемом рисунке сделана попытка схематически изобразить иерархию геолого-географических систем до формационного иерархического уровня включительно. Все элементы, составляющие один иерархический уровень, находятся между собой в координационных зависимостях и отношениях. Качественная сущность отдельных элементов и количественное сочетание их наборов зависят от спонтанного (самопроизвольного) развития охватывающей системы (системы более высокого иерархического уровня). Отношения между иерархическими уровнями выражаются в связях управления. Иерархические уровни показаны отдельно друг от друга, что соответствует способу исследования, которое начинается с самостоятельного изучения каждого

уровня. Необходимо помнить, однако, что в природе каждый подчиненный уровень входит в состав охватывающей системы.

Раскрытие механизма управления—одна из важнейших задач системного исследования, однако автору еще не случилось встретить опыт геолого-географического анализа, посвященного этому вопросу. Приближению к решению задачи, по-видимому, помогло бы использование опыта географических работ, посвященных изучению прямых и обратных связей, а также исследованию путей передачи информации. Очевидно, что в этих случаях необходимо сопоставление балансовых характеристик с особенностями прямых и обратных связей между системами различных иерархических уровней.

Рассматриваемая в статье гипотеза о системной организации геолого-географических комплексов построена на основании не более чем аналогии с целостными организмами. Нет сомнения в том, что последующие исследования внесут в нее большие дополнения и коррективы или, может быть, покажут ее несостоятельность. Несмотря на явную нетрадиционность подхода, вытекающего из системной ориентации в науках о Земле, эти исследования не вступают в противоречие с диалектическим методом, являющимся основой для всех естествоиспытательских работ. Вряд ли могут возникнуть сомнения в правомерности предположения взаимозависимости между ландшафтами и динамическими особенностями более крупных блоков земной коры, частью которых являются эти ландшафты, в свою очередь более крупных блоков от еще более крупных и т.д. Та новизна, которую несет в себе системная ориентация, выражается в стремлении понять связи в природе, одновременно охватывающие все ее компоненты. При решении такой задачи принятая аналогия в большой степени расширяет кругозор естествоиспытателя и стимулирует геолого-географическую мысль.

Понадобятся длительное время и значительные содружеские усилия географов, геологов, тектонистов, геофизиков и, возможно, специалистов общей теории систем, прежде чем удастся разработать стройную гипотезу саморегуляции природных компонентов и геолого-географических комплексов. Предварительное обсуждение гипотезы оправдывается хотя бы уже потому, что в соответствии с изложенными построениями намечаются возможности нового образа систематизации уже накопленного материала, а также начальные этапы работы по сбору дополнительного эмпирического материала для проведения формационного анализа.

**Ближайшие задачи и прикладное значение системного исследования геоморфологических формаций.** Выполнить геоморфологический формационный анализ—это значит объяснить, почему геоморфологические формации распространены на земной поверхности наблюдаемым образом; это значит установить механизм динамического равновесия между внутрикоровыми процессами и процессами лито-, морфо-, почво- и биогенезов.

Нет сомнения в том, что длительное время все размышления и исследования, относящиеся к проблемам, связанным с вопросом «почему?», заданным в вышеупомянутом смысле, будут носить гипотетический характер. Тем не менее уже сейчас с большей или меньшей уверенностью можно начать сбор эмпирического материала, отвечающего на вопрос как распределены геоморфологические формации на земной поверхности.

Очевидно, что эти исследования будут сопряжены с большими трудностями, поскольку придется решать вопросы классификации и систематизации геолого-географических систем, а также вопросы их картографирования. Однако на этом пути предвидятся значительные облегчающие обстоятельства. Прежде всего здесь имеется в виду то, что установление особенностей распределения геоморфологических формаций можно начать с изучения закономерностей дифференциации поверхностных явлений и процессов. Если о развитии процессов, происходящих внутри земной коры, можно судить, за исключением немногих случаев, лишь по косвенным признакам и логическим построениям, то процессы континентального рельефообразования, формирования осадочных толщ, образования почв и жизнедеятельности биологической компоненты можно наблюдать непосредственно. Вероятно, возникнет возможность с большей уверенностью судить о геодинамических напряжениях в земной коре, если данные по направленности и интенсивности поверхностных явлений сопоставить с характеристиками геофизических полей, отвечающих современным состояниям земной коры.

Второе обстоятельство связано с тем, что геоморфологические формации в своей сумме составляют лик Земли, который можно наблюдать и фотографировать при дистанционных исследованиях. Материалы аэрофотосъемки, фотографии с пилотируемых кораблей и орбитальных станций, а также телевизионные снимки, полученные с метеорологических спутников Земли, являются непосредственным изображением геолого-географических комплексов разных иерархических уровней. Чем мельче масштаб космической съемки, тем более высокий ранг геолого-географических систем отображается на снимках. Ценным ка-

чеством космических снимков является то, что на них генерализация признаков геолого-географических комплексов при переходе с более крупного масштаба на более мелкий происходит независимо от воли исследователя. На более мелкомасштабных снимках получается изображение объективно существующих геолого-географических комплексов, генерализованных соответственно масштабу снимка. Остается только «разглядеть» законы генерализации, и это значительно проще, а, главное, при современном состоянии наук о Земле дешевле, чем «выводить» их при картировании с переходом на все более мелкие масштабы без «подглядывания» у природы. В этом аспекте решения задач формационного анализа и дешифрирования космических снимков тесно сопрягаются. В том и другом случаях соблюдаются принципы: а) исследования объекта от общего к частному; б) последовательности приближений; в) полноты исследования. Очевидно, что при объяснении механизма генерализации формационный геоморфологический анализ и теория дешифрирования дистанционных материалов могут взаимно обогатить друг друга.

Картирование геоморфологических формаций выразится в составлении серии разномасштабных карт геолого-географических комплексов: геолого-географические системы отдельных иерархических уровней, вероятно, потребуют изображения в необходимом, только им соответствующем масштабе.

Современная геоморфология более всего подготовлена к картированию систем двух самых низких иерархических уровней. В этом случае может использоваться опыт, приобретенный при составлении геоморфологических карт, выполненных по генетическому принципу (карт генетически однородных поверхностей рельефа). Кроме того, как показано выше, при разработке классификаций систем первых двух уровней можно опереться на учение о динамических фазах рельефо- и осадкообразования и на представление о балансе рыхлого материала. Дополнительные исследования потребуются, главным образом, с целью установления морфологических и количественных характеристик рельефо- и осадкообразования, отвечающих той или иной динамической фазе, причем некоторые признаки уже известны и широко используются в геоморфологии, что особенно относится к работам, посвященным флювиальным процессам.

На картах двух самых низких иерархических уровней будет изображено взаимосочетание и взаиморасположение геолого-географических комплексов, относящихся не только к единой динамической фазе рельефо- и осадкообразования, но также характеризующихся одинаковой степенью выраженности этой

фазы (одинаковой интенсивностью проявления динамической фазы).

Динамический подход окажется гораздо более непривычным при картировании систем (геолого-географических комплексов) вышестоящих иерархических уровней. Логическое понимание сути явления, приводящее к заключению, что облик систем этих уровней зависит от балансовых характеристик вещества и энергии внутрикорового и экзогенного происхождений, не сможет сыграть эффективной роли до тех пор, пока не будут найдены признаки рельефа и осадконакопления, надежные и доступные непосредственному наблюдению, по которым можно будет судить об этих балансовых характеристиках. Автору еще не довелось встретить геоморфологическое исследование соответствующих масштабов и обобщений, опыт которых мог бы использоваться при выборе существенных признаков рельефа и осадконакопления для выделения участков земной коры с различными балансовыми характеристиками. При обосновании классификации геолого-географических систем формационного уровня многие основополагающие работы предстоит в геоморфологии сделать почти заново.

Системы более высоких уровней на земной поверхности будут выглядеть как геолого-географические комплексы, состоящие из нескольких систем более низких иерархических уровней. Сначала они обнимут геолого-географические комплексы, одинаковые по динамической фазе рельефо- и осадкообразования, но различающиеся интенсивностью проявления фаз. Системы следующего уровня уже включают в себя системы неодинаковых динамических фаз. Можно предположить, что установлению балансовых характеристик и суждению о процессах, происходящих внутри объемов систем, поможет сопоставление поверхностных процессов и особенностей рельефа с геофизическими полями, с данными геологического строения объемов, занятых системами, а также установление исторических корней систем.

Может быть, следует особо подчеркнуть, что на первом этапе исследования трудно переоценить значение распознавания границ различных систем и точного проведения их на карте. Только так возможно установить существующие в природе «структурные» и «текстурные» особенности геолого-географических комплексов высоких рангов. Пока не существовало материалов дистанционного исследования Земли, по-видимому, это требование было вряд ли выполнимо, поскольку в процессе генерализации невольно обобщались не только смысловые стороны объекта (суть его содержания), но также упрощались,

схематизировались границы его выделения на картах. Таким образом, многие особенности взаимосочетания и взаиморасположения объектов, часть из которых несла информацию фундаментального (структурного в методологическом смысле этого слова) значения, ускользали от внимания исследователя. Появившаяся возможность анализа космических материалов представляет естествоиспытателю новое поле деятельности: самостоятельным объектом исследования становятся закономерности поведения и выражения пограничных участков структур земной поверхности.

Необходимость многоуровневого картирования геолого-географических систем, соединенная с требованием выполнения картирования по единому принципу выделения объектов на основании динамического и энергетического показателя новейших геолого-географических структур, сыграет определенную дисциплинирующую роль при проведении исследований. Этот же принцип облегчит разработку унифицированных признаков для выделения геолого-географических комплексов разных иерархических уровней и в том числе геоморфологических формаций. При обработке фактического материала и анализе топографических карт потребуется широкое внедрение статистических методов исследования. Необходимо творческое содружество естествоиспытателя и математика в преодолении трудности выбора эффективных путей поиска статистических закономерностей, способствующих пониманию организации природы. Впервые возникает возможность сравнения динамических характеристик земной коры новейшего этапа на различных, далеко удаленных друг от друга территориях.

Прикладное значение системного исследования геоморфологических формаций прежде всего выразится в определенном вкладе в изучение природных ресурсов Земли. Жесткая необходимость выявить роль геологического субстрата геоморфологической формации в ее жизнедеятельности заставит особенно тщательно подходить к изучению геологического строения и тектонической структуры объема, составляющего формацию. Все подтвержденные, уточненные и вновь открытые особенности послужат изучению закономерностей размещения полезных ископаемых. В этом аспекте геоморфологический формационный анализ может рассматриваться как дополнение к геологическому и тектоническому исследованиям.

Большую помощь геоморфологический формационный анализ может оказать в определении закономерностей размещения гипергенных полезных ископаемых. Это связано с тем, что при

формационном анализе особое значение придается исследованию экзогенных процессов, являющихся главными факторами разрушения, переноса и отложения коренных пород, в результате чего происходит высвобождение, перенос и сосредоточение полезных компонентов в конкретных месторождениях.

Особенно большую роль геоморфологический формационный анализ может сыграть при разработке методов прогнозных оценок изменения природной среды под влиянием техногенных нагрузок, мелиоративных мероприятий и при выявлении наиболее рациональных форм использования природных ресурсов. Эта область естественных исследований связана с определением современных динамических характеристик ландшафтов, с установлением степени подвижности или устойчивости их в условиях эксплуатации человеком. Динамическая устойчивость ландшафтов, являющихся частью геолого-географических систем низких уровней, зависит от энергетических состояний более высоких иерархических уровней и от характера «приказов», поступающих от них в более низкие уровни. Геоморфологический формационный анализ, направленный на расшифровку связей управления, может в дальнейшем послужить в качестве главного инструмента для предсказания степени возможности самовозрождения ландшафта при проведении на нем агротехнических и технических мероприятий, степени опасности усиления или ослабления тех или других компонентов природы, играющих в жизни интересующих нас комплексов определенную роль.

## Выводы

1. Конкретизируем некоторые принятые основные положения, которые, по мнению автора, должны учитываться при определении геоморфологических формаций. Под геоморфологическими формациями подразумеваются прежде всего такие геолого-географические комплексы, существование которых обусловлено взаимодействием тектонического и климатического режимов новейшего времени. Поскольку выражение этого взаимодействия изменяется при переходе от одного участка земной коры к другому, в природе наблюдается череда беспрерывно меняющихся геоморфологических формаций.

Системная ориентация в геоморфологическом формационном анализе—это такой подход в исследовании, который предполагает, что пространственная дифференциация показателей взаимодействия климатического и тектонического режимов является

выражением механизма, с помощью которого Земля сохраняет себя как планетное тело в полях тяготения и солнечного излучения, в условиях вращения и самопроизвольного развития планетного вещества. Принятие положения о поддержании динамического равновесия системы в окружающей среде заставляет допускать существование процессов саморегуляции, осуществляющихся путем обмена веществом и энергией как между элементами системы, так и между системой в целом и окружающей средой. Саморегуляция и высокая степень организации обеспечиваются иерархическим строением системы, основанном на связях управления между иерархическими уровнями.

Следовательно, при определении геоморфологических формаций недостаточно указать только на то, что это геолого-географические комплексы, необходимо еще отнести их к определенному рангу (иерархическому уровню). Конкретные примеры геоморфологических формаций Н.А.Флоренсова вполне определенно устанавливают ранг этих систем. Рифтовая формация и формация островных дуг и глубоководных желобов вызывают у геолога привычные представления о масштабах и субординациях геологических явлений. Формационный иерархический уровень состоит из подчиненных ему уровней более низкого порядка, вплоть до начального иерархического уровня, представленного объемом земной коры, в котором совершаются экзогенные процессы лито- и морфогенезов, а также осуществляется развитие биологической компоненты природы.

Поскольку чтение геолого-географического текста в некоторой степени облегчается, если читатель не сталкивается с многочисленными повторениями основного термина, с этой целью в статье в качестве синонимов обсуждаемого понятия «геоморфологическая формация» использованы такие словосочетания, как «геолого-географический комплекс», «геолого-географическая система», «геолого-географическая структура» при условии употребления их в формационном иерархическом ранге.

2. К ближайшим задачам изучения геоморфологических формаций можно отнести проведение их «инвентаризации» с помощью приемов картирования. Потребуется составление серии разномасштабных карт геолого-географических систем. Эта серия будет отражать результат систематизации геолого-географических комплексов, проведенной на основании принципа иерархического строения систем. Классификации комплексов внутри каждого иерархического уровня должны строиться на основании учета особенностей обмена веществом и энергией. Отсутствие возможностей непосредственного изучения всех факторов обмена

и его количественных характеристик, объясняемое современным уровнем знания, заставляет искать обходные пути: устанавливать морфологические и количественные характеристики природы, поддающиеся непосредственному наблюдению и в то же время выражающие (пусть косвенно) определенные сущности обмена. Представляется перспективным в этих целях использовать: а) геоморфологический опыт учета энергетических состояний природных процессов, соотнесенных с условиями как динамических равновесий систем, так и отклонений от равновесия в ту или другую сторону; б) географический опыт изучения балансов обмена веществом и энергией.

3. Карты геоморфологических формаций ответят на вопрос как разделена земная кора на геолого-географические комплексы. Теоретические достижения, приобретенные в процессе их составления, а также исследования полученных закономерностей пространственной дифференциации помогут правильнее понять, почему земная кора разделена таким образом.

#### ЛИТЕРАТУРА

Геологический словарь., т.т. 1, 11, М., «Недра», 1973.

*Герасимов И.П.* Современные рельефообразующие экзогенные процессы. Уровень научного познания, новые задачи и методы исследования.—В кн.: Современные экзогенные процессы рельефообразования. М., «Наука», 1970.

*Григорьев А.А.* Проблема взаимообмена веществ и энергии в литосфере, гидросфере и атмосфере и ее значение в общей теории физической географии.—«Изв. АН СССР, сер. геогр.», 1952, № 4.

*Григорьев А.А.* Современное состояние теории географической зональности.—В кн.: Советская география. Итоги и задачи. М., Географгиз, 1960.

*Григорьев А.А., Будыко М.И.* О периодическом законе географической зональности.—«Докл. АН СССР», 1956, т.110, № 1.

*Докучаев В.В.* К учению о зонах природы.—Избр. соч. М., 1949.

*Карташов И.П.* Основные закономерности геологической деятельности рек горных стран (на примере Северо-Востока СССР). М., «Наука», 1972.

*Кашменская О.В.* Поверхности выравнивания горных стран в связи с некоторыми современными проблемами геоморфологии.—В кн.: Поверхности выравнивания гор Сибири, Новосибирск, «Наука», 1971.

*Кашменская О.В.* О геоморфологическом формационном анализе горного рельефа.—В кн.: Структурная геоморфология горных стран, Фрунзе, 1973.

*Кашменская О.В.* Поверхности выравнивания как часть горной геоморфологической системы.—В кн.: Проблемы экзогенного рельефообразования. Кн. 11, М., «Наука», 1976.

*Ламакин В.В.* Динамические фазы речных долин и аллювиальных отложений.—«Землеведение», 1948, т.2, (42).

*Ламакин В.В.* О динамической классификации речных отложений.—«Землеведение», 1950, т.3 (43).

*Марков К.К.* Основные проблемы геоморфологии. М., 1948.

*Пенк В.* Морфологический анализ. М., Географгиз, 1961.

*Пиотровский М.В.* Проблемы формирования ледников.—В кн.: Проблемы поверхностей выравнивания. М., «Наука», 1964.

*Преображенский В.С.* Междисциплинарные исследования территориальных систем и моделирование. В кн.: Системные исследования природы.—В кн.: Вопросы географии, сб.104, М., «Мысль», 1977.

Системные исследования. Ежегодник, 1969. М., «Наука», 1969.

*Титов Э.Э.* Строение и развитие склонов гор Северо-Востока СССР. Автореф. канд. дисс., М., 1971.

*Флоренсов Н.А.* О некоторых общих понятиях в геоморфологии.—«Геология и геофизика», 1964, № 10.

*Флоренсов Н.А.* О геоморфологических формациях.—«Геоморфология», 1971, № 2.

*Флоренсов Н.А.* Геоморфологические формации.—В кн.: Проблемы эндогенного рельефообразования. М., «Наука», 1976.

*Хворостова З.М.* Основные аспекты проблемы ледника.—В кн.: Поверхности выравнивания гор Сибири. Новосибирск, «Наука», 1971.

*Хворостова З.М.* Формационный геоморфологический анализ Верхояно-Колымской области.—В кн.: Структурная геоморфология горных стран, Фрунзе, 1973.

*Хворостова З.М.* О классификации рельефа при системном подходе в геоморфологическом картировании.—В кн.: Проблемы геоморфологического картирования, Ленинград, 1975.

*Хворостова З.М.* О системном подходе к изучению геоморфологических формаций.—В кн.: Проблемы геоморфологии и четвертичной геологии Северной Азии, Новосибирск, «Наука», 1976-а.

*Хворостова З.М.* Склоновые процессы и механизм образования поверхностей выравнивания. Кн.11, М., «Наука», 1976-б.

*Худяков Г.И.* Принципы морфоструктурного анализа и восстановление истории развития наземного рельефа.—В кн.: Юг Дальнего Востока», М., «Наука», 1972.

*Шатский Н.С.* Избранные труды. Т. III, М., «Наука», 1965.

## О БАЛАНСАХ МАСС В ЗЕМНОЙ КОРЕ

Геоморфологическая система представляет собой тело, ограниченное дневной поверхностью рельефа и поверхностью Моховичича. Именно в этом пространстве, которое мы вправе назвать геоморфологическим, происходят бесконечно разнообразные процессы морфогенеза, то есть сложное и внутреннее противоречивое взаимодействие противоположно направленных внутренних и внешних сил рельефообразования. Эти сложные по функциональным связям и зависимостям процессы естественно сводятся к перемещению масс в земной коре. Результатом этого перемещения, то есть характером суммарного во времени баланса масс в земной коре, объясняется все бесчисленное гипсометрическое разнообразие рельефа Земли от высочайших вершин до глубоких впадин. Кроме того, характер конкретного во времени и пространстве баланса масс свидетельствует о динамическом состоянии земной поверхности: происходит ли ее поднятие (положительный баланс масс), опускание (отрицательный баланс) или поверхность сохраняет стабильное положение (равновесный баланс масс).

Определение для каждого участка земной поверхности баланса коровых масс является чрезвычайно важным как для динамической классификации геоморфологической системы, так и для хозяйственной деятельности человека. Ведь, как известно, представление о динамическом режиме конкретного участка земной поверхности лежит в основе прогнозных оценок о пригодности той или иной территории для возведения различных строительных сооружений жилых и технических. Однако при попытке оценивать рельеф по балансовым характеристикам коровых масс мы сталкиваемся с присущей любому геоморфологическому исследованию трудностью, а именно, с невозможностью непосредственной оценки тектонической составляющей морфогенеза, то есть с невозможностью непосредственной оценки объема масс перемещаемых тектоническими факторами.

Выходом из этого положения может служить выявление функциональных связей между тем, что мы можем определить и тем, что недоступно непосредственному определению, между следствием, которое мы имеем на выходе, и причинами, в какой-то степени скрытыми от нас. Геоморфологическая система выступает, таким образом, в виде «черного ящика», на выходе у которого формы рельефа, внутри же—процессы морфогенеза.

По-видимому, если бы и тектонические и денудационные силы были одинаково неподвластны наблюдению, по формам рельефа, данным нам как реальность, мы могли бы судить лишь об общем балансе перемещающихся масс в земной коре, не будучи в состоянии выделять доли масс тектонического и масс денудационного происхождения. К счастью, дело обстоит не совсем так. Характер перемещения денудационных масс, происходящих на дневной поверхности Земли, можно наблюдать и оценивать. Зная характер рельефа и качественно оценивая долю денудационных сил в рельефообразовании, мы можем попытаться качественно оценить долю сил тектонических.

Дело в том, что перемещения объемов тектонических и денудационных масс (баланс масс в земной коре) определяют динамику развития земной коры, в том числе и поведение земной поверхности: восходящее (плюс-масса), нисходящее (минус-масса) или равновесное. В функциональной связи с характером поведения земной поверхности находится крутизна профилей транспортировки рыхлого материала. Крутизна профиля, в свою очередь, непосредственно связана с характером перемещения рыхлого материала: при прочих равных условиях различная крутизна профилей обеспечивает различный баланс рыхлого материала (соотношения поступления рыхлого материала к агенту переноса с выносом рыхлого материала). Последнее определяет динамический режим подсистем типа «склон-базисная поверхность», разделяя их на подсистемы инстративные (вынос больше поступления), перстративные (поступление равно выносу) и констративные (поступление больше выноса). Как известно, вводя эти термины, В.В.Ламакин (1950) имел в виду флювиальную систему. Мы рассматриваем эти термины шире: независимо от того, что будет являться агентом переноса рыхлых отложений—речной поток, движущийся лед, сила альтипланаии, солифлюкции, гравитационного перемещения—мы говорим о динамических режимах в подсистемах «склон-поверхность», режиме врезания, перестилания или отложения рыхлых осадков.

Итак, мы видим, что через всю эту сложную систему зависимостей баланс рыхлого материала связан с балансом коровых масс, и для изучения последнего, то есть для определения удельного веса тектонических и денудационных сил в общем процессе морфогенеза, следует начинать с изучения баланса рыхлого материала.

Необходимо, однако, учитывать, что указанные балансы масс находятся между собой не в простой функциональной связи, а

как это обычно бывает в природе, в функциональной связи, усложненной понятием информационной памяти. Дело в том, что не только входное действие, но и само состояние системы определяют характер перехода ее из одного состояния в другое. Внутреннее же состояние выражается в наличии у системы памяти или записи прежних входных действий (Рапопорт, 1969). Входное действие в нашем случае—это перемещение определенных объемов масс в земной коре, информационная память—следствие процесса исторической эволюции рельефа, выходное же состояние системы—это поддающиеся непосредственному изучению современный рельеф и мощности рыхлых отложений как функция баланса рыхлого материала.

Что же такое в этом плане баланс рыхлого материала, и каково его отношение к денудационной составляющей баланса коровых масс?

Прежде всего баланс рыхлого материала расшифровывает механизм перемещения масс денудационными силами. Рыхлые массы перемещаются агентами денудации. Они могут быть линейными (руслевой поток, ледниковый язык) или плоскостными (солифлюкционная и склоновая денудации, гравитационное сползание и др.). Интенсивность агентов денудации—функция суммарного корового баланса, то есть крутизны профилей транспортировки рыхлого материала, а также во многих случаях климата, от которого зависит, например, мощность речного потока. Чем активнее агенты переноса, тем большее количество рыхлого материала могут они перенести. Однако эта простая зависимость нарушается одним обстоятельством: реальный объем переносимого материала контролируется темпами выветривания, то есть темпами превращения коренных пород в рыхлые, способные к транспортировке агентами денудации. Если быстрота подготовки рыхлого материала, которая является функцией климата и литоморфных особенностей субстрата, растет пропорционально росту активности денудационных агентов, то сохраняется равновесие между энергией агента и его нагрузкой, осуществляемое при все большем объеме поступающих и выносимых масс. Однако несмотря на то, что в процессе выветривания и денудации действует отрицательная обратная связь, при которой чем быстрее удаляются продукты выветривания, тем быстрее они образуются вследствие все нового и нового экспонирования коренных пород, система эта—«подготовка рыхлого материала—потребность в нем» далеко не всегда является сбалансированной. При достаточно быстром увеличении контрастности рельефа темп выветривания не поспевает за рос-

том активности агентов денудации. Недонасыщенная поступающим в систему рыхлым материалом энергия потока (или любого другого агента переноса) расходуется на самостоятельное добывание материала из коренных пород, то есть на врезание. В итоге в данной подсистеме выносятся рыхлого материала больше, чем поступает в нее извне, так как вынос складывается из поступления плюс тот материал, который организует сам агент при помощи свободной части своей энергии. Такой баланс рыхлого материала, свидетельствующий об энергии агента большей, чем возможности выветривания, хорошо виден в рельефе: врезающийся поток создает характерные резкие формы. Причина может быть как в характере корового баланса масс (резко положительного), так и в литологии или в климате. При исключении литологических и климатических причин, а учесть их можно при анализе исследуемой территории, мы выходим на баланс объемов масс в земной коре. То же самое, естественно, и при других значениях баланса рыхлого материала—равновесного или положительного: все они выражаются в рельефе в мощностях рыхлых отложений, и в случае исключения роли климата и литоморфных особенностей всегда обнаруживается связь баланса рыхлого материала с балансом масс в земной коре. Посмотрим, учитывая саморегуляцию и информационную память, как соотносятся балансы коровых масс и балансы рыхлого материала.

В условиях пенеппена поступление масс тектонического происхождения и удаление масс денудационного происхождения происходит, приблизительно, в равных объемах (равновесный баланс коровых масс), причем объемы эти очень малы. Рыхлый материал образуется в виде кор выветривания (не очень мощных в связи с высоким уровнем грунтовых вод), но почти не перемещается: с очень пологих, покрытых растительностью склонов его поступает ничтожно мало, но и возможность выноса очень мала вследствие пологих профилей транспортировки. То есть баланс рыхлого материала близок к равновесному при очень малых объемах поступления и выноса.

В начале тектонической активизации поступление масс тектонического происхождения возрастает. Баланс коровых масс отходит от равновесного и становится положительным. По-видимому, на первых порах саморегуляция, в таких подсистемах как флювиальные, в целом справляется с нарушением равновесия, и баланс рыхлого материала продолжает оставаться равновесным, хотя процесс саморегуляции сложен и противоречив (Карташов, 1957). Сохранение равновесного баланса рыхлого материала в флювиальных подсистемах осуществляется при

постепенном росте гор и все более крутых профилях транспортировки материала. Таким образом, на первой стадии горообразования в этих подсистемах наблюдается равновесный баланс рыхлого материала при положительном балансе коровых масс. Вместе с тем в других подсистемах процессы саморегуляции с самого начала увеличения тектонической активности могут не справляться с нарушением равновесия в перемещении масс. Например, в подсистемах водораздельных поверхностей при достаточной их горизонтальности перемещение рыхлого материала вообще почти не происходит, и водоразделы просто поднимаются с притоком масс тектонического происхождения, обеспечивая рост горной страны.

В разгар тектонической активности поступление тектонических масс значительно преобладает над оттоком масс денудационного происхождения. Саморегуляция не справляется с быстро растущей неравновесностью баланса коровых масс. В подсистемах «склон-днище» устанавливается инстративный режим. Баланс рыхлого материала становится отрицательным: агенты денудации недонасыщены поступающим к ним рыхлым материалом и вынуждены добирать его самостоятельно.

С началом уменьшения тектонической активности объем поступления масс тектонического происхождения становится близким объему масс, выносимых агентами денудации; устанавливается равновесный баланс коровых масс при больших обменных объемах. Роста гор уже не происходит, но они остаются высокими и многие подсистемы, в том числе и флювиальная, продолжают работать на инстративном режиме с отрицательным балансом рыхлого материала. Период этот, вероятно, очень краток.

При дальнейшем уменьшении тектонической активности баланс масс в земной коре становится отрицательным. Начинается гороразрушение. Лишь на самых первых этапах этой стадии эволюции рельефа может, по-видимому, в некоторых подсистемах сохраняться инстративный режим (главным образом в тех из них, где имеют место неблагоприятные для денудации климатические и литоморфные условия). Затем он сменяется перстративным режимом с равновесным балансом рыхлого материала. Если при этом отрицательная величина корового баланса не очень резко возрастает, смягчаясь, например, стойкими к разрушению породами субстрата или неблагоприятными климатическими условиями, то саморегуляция во многих подсистемах может справляться с попытками нарушить перстративный режим, и снижение идет при равновесном балансе рыхлого ма-

териала, то есть путем педипланации, со все уменьшающимися объемами обменных масс. Если же дефицит масс в земной коре растет очень быстро, саморегуляция не успевает справиться с нарушениями равновесия и подсистемы переходят на контрастный, наиболее типичный для снижающейся страны режим с положительным балансом рыхлого материала. Гороразрушение идет по пути пенеппенизации. Оба пути разрушения горной страны приводят в итоге к образованию поверхности выравнивания, когда и коровой баланс и баланс рыхлого материала становятся равновесными при очень малых объемах обменных масс. Наиболее распространенной в природе является, по-видимому, такая ситуация, когда снижение горной системы происходит при различном динамическом режиме входящих в нее подсистем. Отсюда широкое распространение полигенетических поверхностей выравнивания.

В целом для растущих гор характерны инстративные подсистемы. К этому обычно приводит ограниченность темпов подготовки рыхлого материала, необходимого для денудационного перемещения, по сравнению с темпами поступления тектонических масс во время тектонической активизации. Уклоны поверхностей, а вместе с ними и активность агентов переноса рыхлого материала (то есть потенциальная выносная способность их) растет быстрее, чем увеличивается объем рыхлого материала, поступающего в сферу деятельности этих агентов. Отсюда недонасыщенность энергии последних и трата излишков ее на разрушение субстрата, то есть врез в коренные породы и перенос полученной таким образом добавочной порции рыхлого материала. В этом, как известно, и состоит сущность инстративного режима. Однако в тех случаях, когда тектоническая активность начинает уже уменьшаться, а денудационная активность еще очень высока, вследствие существования большой контрастности рельефа, может сложиться такая ситуация, когда при равновесном, а порой даже при отрицательном коровом балансе какое-то (пусть непродолжительное) время некоторые подсистемы из группы «склон-поверхность» (в том числе и флювиальные) будут продолжать работать в инстративном режиме с отрицательным балансом рыхлого материала. Это как раз тот случай, когда решающую роль в динамике рельефа играет информационная память о предшествующем современному состоянию системы.

Снижение горной страны, как было показано выше, также может происходить при различном режиме работающих подсистем: констративном, когда поступает рыхлого материала больше, чем может быть вынесено за пределы подсистемы, и контрастность рельефа уменьшается не только за счет снижения водоразделов, но и вследствие выполнения невынесенной частью рыхлых отложений полых форм в пределах самих подсистем (долин, межгорных понижений и т.д.); перстративном, когда при равновесном балансе рыхлого материала из системы последовательно выносятся все больше и больше массы, слагающей горную страну; наконец, даже инстративном, в начальные этапы гороразрушения.

Те же рассуждения применимы в тех случаях, когда тектоническая составляющая морфогенеза изначально отрицательная, то есть происходит отток масс тектонического происхождения. В этих условиях также могут иметь место различные ситуации: если отток масс по объему будет компенсироваться поступлением—сохранится исходная выровненная поверхность; если отток масс больше денудационного поступления (аккумуляции)—произойдет погружение земной поверхности и образование впадины, то есть отрицательной формы рельефа, днище которой гипсометрически ниже поверхности геоида; если уже после образования впадины при сохранении оттока тектонических масс произойдет количественное изменение объема поступающего рыхлого материала в сторону его увеличения, то может произойти остановка роста впадины (при равновесном балансе коровых масс) либо выполнение впадины (при положительном балансе масс в земной коре за счет большей величины денудационной составляющей). Причиной изменения темпов аккумуляции рыхлого материала может быть рост гор, окружающих впадину и являющихся поставщиком рыхлого материала, изменение климата в сторону, благоприятную для выветривания и транспортировки рыхлого материала, или выход на дневную поверхность пород, легко разрушаемых процессами денудации. Словом, тот же набор факторов, о котором мы упоминали при описании эволюции горного рельефа.

Если днище растущей впадины ниже базиса денудации рек, проходящих через них, то они обычно становятся озерами. Межгорное озеро—типичный показатель растущей впадины, когда ни отложения, поступающие со склонов, ни аллювиальные стложения не в состоянии компенсировать отток тектонических масс, и в ход идет как частный случай отложений. Если она при этом не только успевает приостановить снижение по-

верхности, но оказывается даже в избытке—образуется проточное озеро. В противном случае возникает озеро бессточное. Озерный вариант характерен для межгорных впадин. Большинство предгорных впадин, по-видимому, компенсируется отложениями до уровня профилей равновесия агентов транспортировки. Какое-то количество рыхлого материала эти впадины поглощают (часто очень в больших объемах: молассовые толщи), часть—выносятся на территорию прилегающих равнин. Таким образом, в предгорные впадины поступает рыхлого материала больше, чем требуется для компенсации прогибания (положительный баланс коровых масс). Баланс рыхлого материала положительный: поступает в подсистему «склон-поверхность» больше, чем выносятся. Однако повышения поверхности, типичного для констративного режима горных стран, здесь не происходит: избыток рыхлого материала идет на компенсацию прогибания. Потенциальное повышение земной поверхности гасится отрицательными движениями ее в связи с оттоком тектонических масс.

В тех межгорных впадинах, которые являются следствием лишь относительного опускания, а на самом деле живут в режиме положительного баланса коровых масс, соотношение последнего с балансом рыхлого материала следующее: в зависимости от того, окажется ли поверхность впадины ниже, равна или выше профиля равновесия агентов транспортировки рыхлого материала, баланс рыхлого материала на ее территории будет соответственно положительным, равновесным или отрицательным.

Роль информационной памяти при выявлении взаимоотношения баланса коровых масс с балансом рыхлого материала для территорий с оттоком тектонических масс, естественно, аналогична ее роли, разобранный выше, при рассмотрении горных стран. Точно так же здесь может создаваться ситуация, когда увеличение в морфогенезе удельного веса денудационных масс при наложении на очень глубокую некомпенсированную впадину, не приведет к смене инстративного (с обратным знаком) режима. Последний будет продолжаться еще какое-то время.

При этом необходимо помнить, что в разных подсистемах баланс рыхлого материала может быть различным, благодаря непрерывному изменению в пространстве микроклимата, литоморфности и, главное, характера агентов транспортировки рыхлого материала. Такие подсистемы, как флювиальная, с мощным линейным агентом транспортировки материала, обладают большими силами саморегуляции и могут работать на равновесном режиме, в то время как подсистемы типа «склон-педиплен» или

«склон-днище впадины» уже давно отойдут от равновесного состояния. Возможны ситуации, когда в подсистемах «склон-днище долины» установились равновесные балансы материала, а на большей части горной страны (в пределах слабо или почти не расчлененных речной сетью горных плато типа высокогорных плато Тянь-Шаня, Тибета, Улахан-Чистая) поступление масс тектонического происхождения значительно превышает объем масс, выносимых агентами денудации, или наоборот: отток масс тектонических значительно превышает поступление рыхлого материала, например, в пределах некомпенсированных впадин. Словом, если горная страна представлена сочетанием подсистем флювиальных («склон-днище долины»), это, так сказать, наиболее простой тип горной системы, состоящий из подсистем одного типа, если же подсистемы представлены всей генетической гаммой, то дело обстоит гораздо сложнее.

Следовательно, могут быть такие ситуации, когда по характеру рельефа и балансу рыхлого материала отдельной подсистемы мы не сможем судить о балансе масс в земной коре. Инстративный режим подсистем с отрицательным балансом рыхлого материала наиболее типичен для энергично растущих гор и впадин, но в отдельных подсистемах он может наблюдаться и при равновесном развитии и даже при начальных стадиях уменьшения контрастности рельефа. Перстративный режим подсистем с равновесным балансом рыхлого материала наиболее типичен для пенеплена и равновесных гор, но может в ряде подсистем иметь место и при снижении гор и заполнении впадин. И лишь констративный режим подсистем с положительным балансом рыхлого материала может служить сравнительно надежным показателем активно разрушающейся горной страны, хотя не исключена возможность кратковременного возникновения его в отдельных подсистемах и на другой стадии эволюции рельефа.

Для того, чтобы расшифровать механизм перемещения денудационных масс какой-то системы (допустим горной), необходимо проанализировать и алгебраически суммировать характер перемещения рыхлого материала во всех подсистемах, входящих в нее. Алгебраическая сумма балансов рыхлого материала и есть денудационная составляющая баланса коровых масс. Поэтому в тех случаях, когда мы сталкиваемся с неопределенной зависимостью между балансом масс рыхлого материала и балансом масс в земной коре, большое значение приобретает исследование как можно большего количества подсистем «склон-поверхность» с выявлением количественного соотношения подсистем инстративного, перстративного и констративного режи-

мов. Так, например, для энергично растущей горной страны с резко положительным балансом коровых масс характерно подавляющее преобладание инстративных подсистем с отрицательным балансом рыхлого материала. Для энергично разрушающейся горной страны с резко отрицательным балансом масс в земной коре характерно, напротив, отчетливое преобладание констративных подсистем с положительным балансом рыхлого материала. На территории пенеплена или равновесных гор наибольшее распространение имеют перстративные подсистемы с равновесным балансом рыхлого материала. Значительное разнообразие в характере подсистем свидетельствует, по-видимому, о нечетко выраженном или неустойчивом динамическом состоянии земной коры: начале поднятия, начале опускания, неустойчивом равновесии, то есть как раз о таких периодах в эволюции геоморфологической системы, когда большое значение приобретают процессы саморегуляции и информационная память о предшествующих состояниях системы.

В заключение хочется отметить, что изучение процессов морфогенеза, идущих в геоморфологической системе, по существу только начинается. Мы пока еще очень слабо представляем механизм перемещения масс в земной коре. Не говоря уж о механизме движения масс тектонического происхождения (все мы свидетели нескончаемых дискуссий по этому поводу, примером которых может хотя бы служить дискуссия о мобилизме или фиксизме материков), нужно отметить, что и в механизме перемещения масс денудационного происхождения, происходящего на земной поверхности, много неясного.

Перемещения масс тектонического и денудационного происхождения существенно различны. Первые значительно меньше контролируются законами гравитации, поскольку силы, осуществляющие перемещение тектонических масс, могут противостоять силам притяжения. Размах их перемещений не ограничен профилями равновесия и теоретической поверхностью геоида. Кроме того, перемещения тектонических масс как вертикальные, так и горизонтальные, охватывают все геоморфологическое пространство. Последнее объясняется тем, что массы тектонического происхождения поступают в геоморфологическую систему через ее нижнюю границу из системы мантии. Массы же денудационного происхождения образуются в процессе жизнедеятельности системы на ее поверхности, на стыке с атмо- гидро- биосферой. Обмен масс осуществляется между соседними подсистемами и перемещение, подчиняясь законам гравитации, происходит главным образом на субаквальной и субаэральной поверхности Земли,

то есть в том интервале, размах которого определяется профилем гипсографической кривой (около 20 км по вертикали) и который Н.А.Флоренсов предлагает назвать экзоморфосферой (Флоренсов, 1976). Однако известно, что в сложном круговороте вещества земной коры, связанном, в частности, с цикличностью развития рельефа, рыхлые материалы путем **переотложения** и захоронения могут попасть в глубинные части земной коры, где в условиях иных физических параметров с ними будут происходить различные превращения. О механизме этих перемещений и их роли в коровом балансе мы знаем очень мало, равно как и о массе вещества, поступающем на поверхность Земли из Космоса.

Интенсивность переноса рыхлого материала (объем в единицу времени с единицы площади) есть функция многих сложных связей: гравитационного напряжения (амплитуды высот), с которым связана крутизна профилей транспортировки; мощности переносящего агента; быстроты разрушения горных пород. Мощность же агентов переноса, в свою очередь, — функция климата и абсолютных и относительных превышений, а разрушение горных пород зависит от климата и структурно-литологических особенностей субстрата. Гравитационная же напряженность находится в отрицательной обратной связи с интенсивностью переноса рыхлого материала. Учет всех этих сложных прямых и обратных связей сам по себе достаточно труден. К тому же крайне недостаточное количество специальных наблюдений (главным образом стационарных) за конкретным перемещением рыхлого материала не позволяет в настоящее время дать однозначные ответы на ряд вопросов. Так, например, нет единого мнения об оптимальной для перемещения рыхлого материала крутизне склона. Нет достаточно надежных сравнительных оценок влияния различной климатической обстановки: мы не можем, например, ответить, где при прочих равных условиях интенсивность переноса рыхлого материала будет больше: в аридном или субполярном климате. Неизвестно, как соотносятся скорости переноса рыхлых отложений различными агентами, например, линейными и плоскостными.

Наконец, динамический режим земной коры изменяется во времени и пространстве не только от подсистемы к подсистеме, определяя, как уже упоминалось, общий режим системы в целом через алгебраическую сумму балансов масс подсистем, но меняется и внутри самих выделяемых подсистем. Так, в верхней части флювиальной подсистемы он может быть инстративным, а в нижней части — констративным, меняясь особенно часто и

неожиданно в тех случаях, когда долина пересекает систему блоков различного тектонического режима; в верхней части склона баланс рыхлого материала может быть отрицательным, а в нижней—положительным или равновесным и так далее. Словом, динамический режим может неоднократно меняться в различных частях продольного и поперечного профилей флювиальной подсистемы.

Таким образом, изучение механизма перемещения масс в земной коре требует дальнейшего целенаправленного исследования. При этом, с одной стороны, это изучение будет способствовать более полному представлению о балансовых характеристиках конкретных частей геоморфологической системы, с другой—возможность определения баланса масс через характер рельефа и мощности рыхлых отложений совместно с анализом климата и структурно-литологических особенностей субстрата поможет понять некоторые особенности обмена веществ в земной коре.

#### ЛИТЕРАТУРА

*Карташов И.П.* Флювиальные рельефообразующие процессы. Магадан, 1957, (Тр. ВНИИ-1, вып.29).

*Ламакин В.В.* О динамической классификации речных отложений. —«Бюлл. МОИП, нов.сер.», т. III (XI. III), 1950.

*Рапопорт А.* Различные подходы к общей теории систем.—В кн.: Системные исследования. М., «Наука», 1969.

*Флоренсов Н.А.* Геоморфологические формации.—В кн.: Проблемы эндогенного рельефообразования. М., «Наука», 1976.

## К ВОПРОСУ О КЛАССИФИКАЦИИ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Если мышление—процесс, ведущий к познанию объекта исследования, то логика—одна из наук о законах этого процесса. Она включает в себя различные операции: определение понятия, обобщение, сравнение и др. Одной из таких логических операций, чрезвычайно важной для познания исследуемого явления, является классификация.

«Правильно составленная классификация, отобразив закономерности развития классифицируемых объектов, глубоко вскрывает связи между изучаемыми объектами и помогает исследователю ориентироваться в самых сложных ситуациях, служит основой для обобщающих выводов и прогнозов ... Опыт показывает, что для того, чтобы классификация выполнила эти задачи, необходимо в качестве основания для деления предметов брать наиболее существенные и важные в практическом отношении признаки ... Научная классификация имеет огромное значение для теоретической и практической деятельности человека. Она облегчает процесс изучения предметов и явлений окружающего нас мира, дает возможность быстрее найти внутренние закономерности, которые определяют развитие и изменение исследуемых предметов и явлений» (Н.И.Кондаков, 1976, с.247-248).

Составление классификации, как всякая логическая операция, подчиняется определенным правилам. Прежде всего в любой классификации можно выделить однопорядковые ряды членов, находящихся между собой в координационных соотношениях (соотношения между понятиями, подчиненными в равной степени понятию более высокого ранга) и разнорядковые ряды, члены которых находятся между собой в субординационных соотношениях (понятия подчинены друг другу: меньшее по объему подчиняется большему по объему, то есть порядку более высокому).

При изучении достаточно сложного объекта мы несколько раз производим операцию классификации, то есть деление объема понятия, получая при этом каждый раз координационные ряды объектов более низкого порядка. Они носят название иерархических уровней. Признак, по которому производится деление объема понятия, называется основанием деления. Классификация (деление объема понятия) должна основываться на существенном признаке, только тогда она способствует более глубокому

познанию объекта и выполнению научных, производственных и бытовых задач, стоящих перед исследователем.

Правила образования классификации основаны на правилах деления: 1) Деление на одной ступени должно производиться по единому основанию. Это не исключает, однако, возможности многократного деления (по нескольким основаниям) одного и того же класса на подклассы и образования каждый раз различных рядов. Если такие ряды удастся упорядочить между собой, система классификации от этого только выиграет: в ней окажутся зафиксированными больше свойств и отношений объектов. 2) Следует различать основание деления и принцип упорядочения членов горизонтального ряда. Последние можно упорядочивать по разным принципам: генетическим, физическим, пространственным, хронологическим и т.д. 3) При построении классификации желательнее выбрать такой признак, который можно было бы использовать в качестве основания деления на всех ступенях. Однако в классификации с большим числом уровней это практически невозможно. Поэтому следует стремиться, чтобы основания деления на каждой ступени были по возможности близкими по содержанию и объединялись хотя бы в общие категории (предмет, процесс, атрибут и т.д.). 4) Деление должно быть соразмерным (соотношение суммы подклассов с классом). 5) Члены деления одного ряда должны исключать друг друга. 6) Образование вертикального ряда (субординационного) должно быть непрерывным, без скачков («Философская энциклопедия», 1962).

Посмотрим, как в свете всего сказанного обстоит дело с классификацией геоморфологической системы. Классифицирование рельефа с целью более глубокого познания его может производиться при самых различных основаниях деления, в зависимости от того, какую цель ставит перед собой исследователь: по ведущему процессу (рельеф ледниковый, флювиальный и т.д.), по направленности процессов, формирующих рельеф (рельеф аккумулятивный, эрозионный), по степени унаследованности форм во времени, по степени расчлененности, по гипсометрическим признакам, где основанием деления служат шкалы абсолютных и относительных превышений, по типам рельефа, где основанием деления служит набор признаков, и так далее. Все эти классификации позволяют исследовать различные аспекты сложного объекта—рельефа.

Не останавливаясь на разборе конкретных существующих классификаций, что может послужить самостоятельным объектом исследования, отметим лишь, что поскольку избранный нами

системный подход к рельефу предполагает рассмотрение его как сложного динамического объекта—геоморфологической системы, постольку и признак (основание деления) для классификации геоморфологической системы должен быть взят такой, который бы являлся показателем именно всех взаимосвязей в исследуемом объекте. По-видимому, наиболее правильным будет поиск такого признака на пути исследования проблемы соотношения ведущих факторов рельефообразования тектонических (эндогенных) и денудационных (экзогенных) сил.

История геоморфологии как науки показывает, что значение каждой из двух составляющих генезиса рельефа в представлении исследователей менялось во времени, а вместе с этим менялись и принципы классификации рельефа. Так, еще в начале нашего столетия ведущая роль в формировании рельефа отводилась экзогенным процессам. Геологические структуры рассматривались как пассивный фактор, оказывающий влияние лишь через литологию пород. Такие выводы базировались на представлении о современной неподвижности земной коры.

Успехи тектоники начала XX столетия показали ошибочность этих взглядов. Первым крупным ударом, нанесенным сторонникам экзогенного направления, явилась вышедшая в 1924 году книга Вальтера Пенка «Морфологический анализ». В ней был разработан метод выявления тектонических движений путем изучения форм рельефа и была установлена тесная связь рельефа с активными, продолжающимися и в настоящее время, тектоническими движениями земной коры. Так возникло новое направление в геоморфологии, отводящее большую роль тектоническим движениям.

В нашей стране вопросами исследования соотношения ведущих факторов рельефообразования, с целью разделения рельефа на категории занимались Б.Л.Личков, К.К.Марков, И.П.Герасимов, Ю.А.Мещеряков, С.С.Шульц, Н.И.Николаев и др. И.П.Герасимов (1959) разработал учение о морфоструктурном анализе рельефа, которое позднее развивал и дополнял Ю.А.Мещеряков (1960). И.П.Герасимов считает, что «В аналитических целях формы рельефа земной поверхности могут быть подразделены на три большие генетически различные группы: а) архитектурные, б) структурные, в) скульптурные. Первая группа формируется в основном под влиянием процессов общепланетарного, космического характера, вторая—возникает под ведущим влиянием эндогенных сил, формы третьей группы формируются под преобладающим воздействием экзогенных процессов» (1959, с.90). Ю.А.Мещеряков (1960) несколько изменяет эту класси-

фикацию, предложив выделять две генетические группы: морфотектоническую, куда входят геотектуры и морфоструктуры разных порядков, и морфоскульптурную. Элементы рельефа морфотектонической группы формируются при ведущем влиянии тектонического фактора, рельеф же морфоскульптурной группы формируется при ведущем влиянии экзогенных, климатических воздействий. Эта классификация вот уже около двух десятилетий является официально принятой в нашей стране и используется, иногда с искажением изложенных в морфоструктурном учении принципов, при составлении геоморфологических карт и написании производственных отчетов территориальными геологическими управлениями. Нам представляется такой подход к изучению рельефа неверным, поскольку в процессе разделения его на морфоструктуры и морфоскульптуры авторы расчленяют единый процесс морфогенеза, представляющий диалектическое единство в пространстве и времени внутренних и внешних сил рельефообразования. Кстати, большинство искажений учения И.П.Герасимова и Ю.А.Мещерякова в работах геологов и геоморфологов объясняется тем, что отчленив морфоскульптурные формы, исследователи начинают отождествлять морфоструктуру с неоструктурой. На известную правомерность такого отождествления указывал Н.И.Николаев (1962).

В отличие от И.П.Герасимова и Ю.А.Мещерякова, Н.И.Николаев предлагает классификацию рельефа, исходя из интенсивности неотектонических движений. Так, он делит горный рельеф на области слабого горообразования, в результате которого возникают горы платформенного типа, и интенсивного горообразования в пределах орогенного пояса Земли на складчатом основании различного времени замыкания геосинклиналей. С точки зрения историко-геологического подхода, это достаточно логично. С генетических же позиций классификация снова не способствует правильному познанию объекта исследования, так как рельеф нельзя рассматривать как производное интенсивности лишь одних неотектонических сил. При одинаковых неотектонических движениях могут возникать различные формы рельефа в районах с разными климатическими и литоморфными условиями, то есть при различной интенсивности денудационных процессов.

На наш взгляд, принципиально верным является подход к генетической классификации рельефа К.К.Маркова (1948). Исходя из взаимодействия неотектоники и денудации, он выделяет три типа рельефа: эрозивно-тектонический и структурный, возникающие при восходящем развитии рельефа, и аккумулятивный—

при нисходящем развитии рельефа. Чрезвычайно емкие понятия восходящего и нисходящего развития рельефа связаны с балансом соотношения внешних и внутренних сил рельефообразования. По-видимому, эту классификацию следует дополнить типом равновесного рельефа, существующего в условиях равновесного баланса денудационных и тектонических сил рельефообразования

Наконец, чрезвычайно интересными и плодотворными являются идеи Н.А.Флоренсова (1964, 1965, 1976), положенные им в основу учения о геоморфологических формациях. Под геоморфологической формацией Н.А.Флоренсов понимает результат взаимодействия геоморфологической структуры (потенции рельефа, обладающей определенными динамическими и литоморфными геологическими параметрами) с климатическими (географическими) воздействиями. Таким образом, при выделении в рельефе геоморфологических формаций учитываются как внутренние, так и внешние силы рельефообразования.

На путях развития теоретических представлений В.Пенка, К.К.Маркова, Н.А.Флоренсова, а также А.А.Григорьева, обратившего пристальное внимание на динамическую сторону природных явлений и введшего балансовые характеристики их (1956, 1964), находятся попытки подойти к рельефу как к сложной динамической геоморфологической системе с определенным пространством и специфической формой движения материи (Кашменская, 1976, 1977). Системный подход к изучению рельефа позволяет, как нам кажется, по-новому подойти к его классификации.

Как уже указывалось выше, выбор признака классификации имеет большое значение для познания строения системы. Когда в качестве основания деления используются не существенные, а второстепенные признаки, выделенные уровни как координационные, так и субординационные, отражая не существенные, а иногда и ложно понятые связи, не работают на познание системы. Таким неверным основанием деления для координационной геоморфологической классификации горных стран представляется нам используемый И.П.Герасимовым (1959) возраст основной фазы складчатости. Даже если рассматривать горообразование как чисто тектонический процесс, то и тогда возраст основной фазы складчатости вряд ли явился бы определяющим специфику неотектонических движений, то есть специфику тектонических деформаций последней поверхности выравнивания в разных ее частях. Скорее таким признаком могла бы служить интенсивность тектонических усилий. Если же рассматривать рельеф как функцию не только тектонических, но и денудационных сил, то время замыкания геосинклиналей может

быть использовано лишь как второстепенное основание деления, отвечающее за отдельные причинно-следственные связи: жесткость земной коры—характер тектонических дислокаций.

Очевидно, что существенным признаком для классификации геоморфологической системы может быть лишь показатель, определяющий общие законы образования и эволюции рельефа.

Все многообразные связи в геоморфологической системе существенно выражаются в перемещении масс земной коры тектоническими и денудационными агентами. Это перемещение составляет сущность морфогенеза и является формой движения материи, свойственной геоморфологической системе. От различных балансов перемещаемых объемов масс (а как известно, и тектонические и денудационные перемещения могут иметь как положительную, так и отрицательную направленность) зависит все гипсометрическое многообразие рельефа во времени и пространстве. Кроме того, характер баланса масс в земной коре определяет динамическое состояние рельефа в пределах подсистем различных порядков (восходящее, нисходящее или равновесное), что, естественно, чрезвычайно важно при исследовании сложных динамических систем. Именно поэтому в основу классификации геоморфологической системы должен быть, по нашему мнению, положен балансовый принцип. Использование в этих целях показателя баланса масс в земной коре представляется очень эффективным. С помощью изучения балансовых характеристик возможно осуществить синтез значительного количества функциональных связей, включая наиболее существенные из них системообразующие связи управления и самоуправления. Это поможет также понять динамические закономерности перехода системы из одного состояния в другое.

Посмотрим, какие же основания деления, опирающиеся на анализ баланса масс в земной коре могут быть использованы для классификации современной геоморфологической системы.

Прежде всего за основание деления можно взять алгебраическую сумму во времени объемов масс в земной коре тектонического и денудационного происхождения. При этом геоморфологическую систему можно разделить на такие крупные части: подсистема отрицательного суммарного баланса—то, что ниже теоретической поверхности геоида (днища океанов и абсолютные впадины); подсистема с суммарным балансом, близким к равновесному—все то, что близко к поверхности геоида (поверхности выравнивания разного генезиса); подсистема с суммарным положительным балансом масс в земной коре—все, что выше поверхности геоида (всякого рода возвышенности). Из

этих трех подсистем первая и третья являются неравновесными. По амплитуде неравновесности суммарного баланса их можно разделить на подсистемы второго порядка. Так, возвышенности подразделяются на высокогорье, среднегорье, низкогорье, холмогорье, соответственный набор плоскогорий различной высоты, а также относительные впадины. На том же основании деления (амплитуда неравновесности суммарного баланса) можно выделить подсистемы третьего порядка, состоящие из склонов различной крутизны и базисных для этих склонов поверхностей и, наконец, четвертый уровень подсистем—элементарные поверхности различного уклона, элементы или субстрат геоморфологической системы. Каждый уровень представляет координационный ряд. Например: впадины—возвышенности—поверхности выравнивания (I-ый уровень) или: высокогорье—среднегорное плато—низкогорье—холмогорье (II-ой уровень) и т.д. В то же время каждый последующий ряд содержит подсистемы более низкого порядка, чем предыдущий, то есть находится с ним в отношениях субординационных. Примером субординационного ряда может служить следующий: геоморфологическая система—возвышенности-среднегорье-подсистема «крутой склон-поверхность»—крутой склон (элемент системы).

Однако из этой классификации совершенно не видно, в каком динамическом состоянии находятся выделенные подсистемы в настоящий момент или в любой конкретный промежуток прошлого времени. Такая, например, характеристика, как «высокогорье» ничего об этом не говорит. Действительно, пусть за последний геоморфологический этап в данном участке земной коры накопилось вследствие алгебраического суммирования большое количество плюс-массы, что привело к образованию высоких гор. Но в настоящее время эти горы могут уже разрушаться, если баланс коровых масс отрицательный; или продолжать расти, если баланс положительный; или, наконец, находиться в равновесном состоянии, если баланс масс близок к равновесному. Следовательно, нужна классификация, где основанием деления послужит конкретный для данного времени баланс объемов масс тектонического и денудационного происхождения. Для образования такой классификации следует взять подсистемы всех уровней предыдущей и подразделить их с позиции современного баланса масс на три основные динамические категории: растущую, равновесную, снижающуюся—для положительных форм; растущую, равновесную, заполняющуюся—для отрицательных форм; равновесную, деформирующуюся положительно и деформирующуюся отрицательно—для поверхнос-

тей выравнивания. Примеры:

Объект: впадина (из координационного ряда первого уровня предыдущей классификации).

Основание деления: современное состояние баланса коровых масс.

Части: впадина растущая, впадина равновесная, впадина заполняющаяся.

Объект: низкогорье (из второго координационного уровня предыдущей классификации).

Основание деления: современное состояние баланса коровых масс.

Части: низкогорье растущее, низкогорье равновесное, низкогорье снижающееся.

Координационными рядами в этой классификации будут являться подсистемы в разных динамических состояниях. Примером субординационного подчинения может служить такое: снижающаяся возвышенность—снижающееся среднегорье—выполжающаяся подсистема «склон-поверхность»—выполжающийся склон.

Таким образом, по алгебраической сумме денудационных и тектонических масс, перемещаемых в земной коре, мы можем подразделить геоморфологическую систему на гипсометрические подсистемы, а по конкретному для данного времени балансу масс выделить подсистемы различного динамического режима. Однако этого явно недостаточно. Указанные классификации помогают лишь проанализировать процесс перемещения масс в земной коре в целом, но не дают ответа, каким образом это происходит. Между тем разнообразие форм рельефа связано не только с различным характером перемещения коровых масс, но и с теми факторами, которые осуществляют это перемещение. Так, рельеф гор, в пределах которых рыхлый материал перемещается без участия ледников, отличается от гор, где последние играют значительную роль. Точно также горы, в образовании которых участвовали агенты горизонтального перемещения тектонических масс, отличаются от гор с вертикальным перемещением последних, хотя объем перемещенного материала в обоих случаях будет одинаков, и т.д. Для более полного познания геоморфологической системы необходима классификация денудационных сил, обеспечивающих перемещение рыхлого материала, и сил тектонических, способствующих перемещению масс тектонического происхождения: способов, интенсивности, направления, ритмичности или аритмичности и других параметров.

В классификации тектонической составляющей морфогенеза объектом деления будет перемещение в земной коре масс тектонического происхождения, основания же деления будут различные: 1) тип перемещения (части—эпейрогеническое, орогеническое, сейсмическое); 2) характер суммарного перемещения (части: накопление масс, уменьшение масс, равновесие); 3) характер современного перемещения (части: отток, приток, транзит, отсутствие перемещения); 4) характер перемещения в пространстве (части: вертикальное, тангенциальное); 5) характер перемещения во времени (части: равномерное, прерывистое); 6) выдержанность знака перемещения (части: однонаправленное, разнонаправленное); 7) структурно-тектонический эффект перемещения (части: различная деформация земной коры—сводовая, складчатая, блоковая, рифтовая и т.д.). Полученные ряды в каждом уровне—координационные.

По такому же принципу составляется классификация денудационной составляющей морфогенеза. Объектом классификации выступает перемещение в земной коре масс денудационного происхождения, оснований же деления также будет большое количество: 1) факторы перемещения (части: флювиальное, ледниковое, эоловое и т.д.); 2) интенсивность как функция климата (части: перемещение в гумидной зоне, аридной, субполярной и т.д.); 3) интенсивность как функция литоморфности (части: например, по бальной шкале стойкости субстрата к денудации); 4) перемещение как функция относительной высоты местности, то есть крутизны профилей транспортировки рыхлого материала; 5) геологический эффект перемещения (части: накопление материала, вынос из системы, перестилание, то есть констративное, инстративное или перстративное состояние) и так далее.

Как для третьей, так и для четвертой классификаций число оснований деления можно увеличить, что приведет к еще более детальному рассмотрению явления перемещения масс в земной коре. Но это уже не принципиально.

Таким образом, приведенные классификации помогают достаточно детально исследовать любую часть геоморфологической системы. В основе принципов составления всех классификаций лежит анализ коровых масс: их перемещения, баланса, факторов осуществляющих перемещение. Это позволяет надеяться на сопоставление предложенных классификаций, то есть на создание в дальнейшем классификационной сети, в которой найдут место все возможные подсистемы геоморфологической системы от наиболее крупных, получивших у Н.А.Флоренсова название геоморфологических формаций, до самых мелких, являющихся

элементами геоморфологической системы. Это касается не только современного рельефа, но и палеорельефа: соответствующая реконструкция условий существования рельефа в прошлом позволит выделить различные палеосистемы.

В этой же сложной классификационной сети должны отчетливо выявиться как координационные, так и субординационные ряды.

Наибольшую трудность при пользовании предложенными классификациями составляет необходимость определения объема и характера перемещения в земной коре масс тектонического происхождения. Но этой трудности невозможно избежать при любом исследовании рельефа, понимаемого как результат взаимодействия внутренних и внешних сил морфогенеза. Тектонический фактор всегда будет являться фактором, не поддающимся непосредственному наблюдению, измерению, учету. В данном случае как раз системный подход к изучению рельефа позволяет, как мне кажется, найти выход из этого положения: по характеру рельефа и денудационной составляющей баланса коровых масс, учитывая предшествующее состояние системы (информационную память ее), определить характер перемещения масс тектонического происхождения.

## ЛИТЕРАТУРА

*Герасимов И.П.* Структурные черты рельефа земной поверхности на территории СССР и их происхождение. М., изд-во АН СССР, 1959.

*Григорьев А.А.* О взаимосвязи и взаимообусловленности компонентов географической среды и о роли в них обмена веществ и энергии.—«Изв. АН СССР, сер.геогр.», 1956, № 4.

*Григорьев А.А.* Теоретические основы современной физической географии.—В кн.: Взаимодействие наук при изучении Земли. М., «Наука», 1964.

*Кашменская О.В.* О геоморфологической системе.—В кн.: Проблемы геоморфологии и четвертичной геологии Северной Азии. Новосибирск, «Наука», 1976.

*Кашменская О.В.* О некоторых проблемах системного подхода в геоморфологии.—В кн.: Методологические проблемы научного познания. Новосибирск, «Наука», 1977.

*Кондаков Н.И.* Логический словарь-справочник. М., «Наука», 1976.

*Ламакин В.В.* О динамической классификации речных отложений. Землеведение.—«Бюлл. МОИП, отдел.геол.», 1950, т. III (XI).

*Марков К.К.* Основные проблемы геоморфологии. М., Географгиз, 1948.

*Мещеряков Ю.А.* Морфоструктура равнинно-платформенных областей. М., изд-во АН СССР, 1960.

*Николаев Н.И.* Неотектоника и ее выражение в структуре и рельефе территории СССР. М., изд-во АН СССР, 1962.

*Пенк В.* Морфологический анализ, М., Географгиз, 1961.

*Флоренсов Н.А.* О некоторых общих понятиях в геоморфологии.—«Геология и геофизика», 1964, № 10.

*Флоренсов Н.А.* Что такое структурная геоморфология?—«Изв. АН СССР, сер. геогр.», 1965, № 2.

*Флоренсов Н.А.* Геоморфологические формации.—В кн.: Проблемы эндогенного рельефообразования. М., «Наука», 1976.

Философская энциклопедия. т.2, М., «Советская энциклопедия», 1962.

## МЕТОДЫ ТРЕНД-АНАЛИЗА РЕЛЬЕФА ВОСТОЧНОЙ ЯКУТИИ

При формационном геоморфологическом анализе определенная роль отводится подвижному равновесию форм рельефа, которое порождается тектоническими и климатическими причинами. Способ подвижного равновесия определяет энергию или активность современного рельефа. Активность геоморфологических формаций можно определить через объем материала, выносимого денудацией и вносимого тектоникой в верхние части земной коры (Флоренсов, 1976).

Для вычисления объема воспользуемся тренд-анализом. «Trend» в переводе с английского означает общее направление, тенденция. Анализ тренда осуществляется с целью выявления тенденции какой-либо переменной изменяться в определенном направлении. В геологии тренд-анализом пользуются для разделения результатов наблюдения на две составляющие: систематическую (общую) и случайную. В науках о Земле такое разделение всегда проводилось интуитивно, только специалисты разных отраслей пользовались принятой в их области терминологией (Коган, 1961; Берлянт, 1965; Chorley, Haggett, 1965; Крамбейн, Грейбилл, 1969; Боровко, 1971; Порядин, 1974; Добрецов, Зуенко, Шемякин, 1974). В геофизике при анализе гравитационных сейсмических и магнитометрических данных пользуются терминами «региональный фон» и «локальная аномалия», в геохимии принято говорить о «фоне» и «аномалии». Геоморфолог занимается выделением «геоморфологических аномалий» или «локальных структур». При построении по методике В.П.Философова карт базисных поверхностей и остаточного рельефа исследователь занимается разделением рельефа на фоновую и остаточные поверхности.

Несмотря на такую разницу в терминах, когда речь идет о поверхностях тренда, каждый имеет в виду способы описания «фона» и выделения «аномалий» — отклонений от фона. Все это свидетельствует о том, что наблюдаемый результат (в частности рельеф) является следствием двух или нескольких взаимосвязанных и взаимодействующих факторов, один из которых отражает региональную составляющую (тренд), а другие — локальную. Сразу необходимо оговориться, что понятия «региональный» и «локальный» имеют относительное значение и определяются масштабом исследования. Переходя от масштаба к масшта-

бу, мы будем получать пространственные закономерности разных иерархических уровней строения рельефа (Хворостова, 1973).

В геоморфологии основанием для тренд-анализа является представление рельефа как поля высот. Впервые элементы теории поля к исследованию рельефа земной поверхности были приложены П.К.Соболевским в 1932 году. Рельеф как поле высот обладает такими признаками, как однозначность, так как каждой паре значений плановых координат соответствует только одно значение вертикальной ординаты. Поверхность рельефа — конечная поверхность, подчиняющаяся условию плавности, имея непрерывную первую производную. Следовательно, если рельеф обладает свойствами поля, то изучение его поверхности методами теории поля вполне правомерно (Девдариани, 1967). Поле высот земной поверхности может быть задано в аналитической форме и в виде карт в горизонталях. Гипсометрические карты и явились основой для статистических расчетов.

Тренд-анализ можно осуществить простым математическим сглаживанием с помощью скользящего среднего, либо способом наименьших квадратов, основанным на подборе полинома соответствующей степени. Процесс сглаживания наглядно представляется в виде движения цилиндрического катка определенного диаметра по изрезанной поверхности, на которой каждый пик «вносит свой вклад в общий энергетический баланс рельефа» (Ильин, 1976, с.140). Простейшее сглаживание осуществляется вычислением скользящего среднего. Выбор интервала сглаживания или радиуса осреднения зависит от поставленной цели. А.М.Берлянт осуществил осреднение базисной поверхности третьего порядка с помощью сети равномерно расположенных точек, являющихся вершинами шестиугольников. Осредненное значение для любой центральной точки шестиугольника представляет собой среднее из высот шести вершин плюс высота самой точки (Берлянт, 1965). Размер шестиугольника должен соответствовать радиусу тех структурных форм рельефа, которые подлежат выделению. Полученный таким способом тренд будет отображать особенности поля в зависимости от размера площадки, в которой выполнено суммирование по заданным точкам. Площадка трансформации может быть задана любой фигурой, но в каждом случае результат вычисления приписывается центру площадки и таким образом создается непрерывное поле сглаженных значений изучаемой величины. В геологических исследованиях метод сглаживания с помощью скользящего среднего широко известен и им часто пользуются.

Для приближенного описания поля (аппроксимации) часто пользуются полиномами различных степеней. Впервые аппроксимация поля единой функцией была осуществлена в геологии С.Ю.Доборжинским, который использовал для этой цели полиномы первой степени. Идея аппроксимации заключается в том, что способом наименьших квадратов определяются коэффициенты для наилучшего совпадения с реально существующей поверхностью. Найденная таким способом поверхность будет являться трендом. Если с помощью полинома первой степени можно описать простые поверхности, то полиномами более высоких степеней описываются поверхности довольно сложной конфигурации. На практике чаще всего останавливаются на полиноме четвертой степени. Уравнения, по которым отыскиваются коэффициенты полиномов, легко решаются ЭВМ. Есть возможность для небольших площадей рассчитывать коэффициенты аппроксимирующего уравнения по специальным формулам и таблицам (Берлянт, 1971). Если поле задано большим числом точек, то объем вычислительных операций достаточно велик, и в этом случае необходимо пользоваться ЭВМ. Для аппроксимации поля вместо полиномов используют функции другого вида. Так, Хейкинен для построения поверхности тренда современного рельефа Южной Финляндии использовал кроме линейной и квадратичную функцию (Heikkilä, 1975).

В иностранной литературе по поводу преимуществ метода скользящего среднего по сравнению с аппроксимацией поля единой функцией (полином  $n$ -го порядка) ведется острая дискуссия. Причем два лагеря разделены по национальному признаку. Американская и английская школы пользуются для построения поверхностей тренда способом наименьших квадратов, французская и южно-африканская — сторонники сглаживания методом скользящего среднего. Джон Дэвис правомерно считает, что подобный конфликт является в большей степени результатом не всегда обоснованных попыток применения каждого метода универсально (Дэвис, 1977).

Нами осуществлен тренд-анализ методом скользящего среднего и методом наименьших квадратов с помощью полиномов. Исходя из цели исследования: подойти к количественной оценке объема материала, участвующего в современном рельефообразовании, было проанализировано две поверхности тренда. Одна из них построена по самым высоким точкам современного рельефа. Поверхность, проложенная через максимальные высоты современного рельефа, А.Пенком названа вершинной. В.П.Филосов (1960) вершинной поверхностью назвал сложную поверхность,



проходящую через водораздельные линии. Другая поверхность тренда строилась по урезам рек, являющихся местными базами эрозии. Геоморфологически базисная поверхность является нижней границей проявления современных процессов денудации. Разность между вершинной и базисной поверхностями будет являться показателем объёма материала, выносимого денудацией и вносимого тектоникой в верхнюю часть геоморфологического слоя (Флоренсов, 1976).

Сглаживание двумя методами проведено на примере современного рельефа Восточной Якутии. Она охватывает территорию от долины р.Лены—на западе, до верховьев р.Колымы—на востоке, на севере—от побережья Северного Ледовитого океана до 60° северной широты—на юге и составляет площадь около 2 млн.кв.км. Общий орографический план Восточной Якутии предопределен особенностями древней геологической структуры и тектонических движений Верхояно-Колымской складчатой области. Этими особенностями является наличие антиклинальных и синклинальных зон северо-восточного простирания, осложненных структурами крупных жестких срединных массивов.

Основными орографическими элементами исследуемой территории являются Верхоянская горная система, Яно-Оймяконское нагорье, горная система Черского. Эти три элемента входят полностью в исследуемую площадь; Верхне-Колымское нагорье, хребты системы Полоусного, Яно-Колымская низменность, Ленская равнина и горы Охотского склона—только частично (рис.1). Название основных горных сооружений на орографической схеме приведены по А.П.Васьковскому (1956).

Для получения поля высот базисной и вершинной поверхностей со средне-масштабной топографической карты по прямоугольной сетке были сняты максимальные (вершинные) и минимальные (базисные) отметки современного рельефа в 2160 точках. Выбор такого вида сети продиктован только удобством вычислений, так как прямоугольник ближе всего описывает лист топографической карты, с которых снимались высотные отметки. При сглаживании выбор сети может быть проведен с помощью дисперсионного анализа. Вариант сети, характеризующийся максимальной дисперсией, будет самым удачным. Бывают случаи, когда изучаемая переменная изменяется циклически, если выбранная сеть будет совпадать с циклическостью, то тренд можно не устанавливать (Крамбейн, Грейбилл, 1969). Недооценка важности такой статистической задачи, как подбор вида сети, может привести к определенным ошибкам в вычислении и в интерпретации.

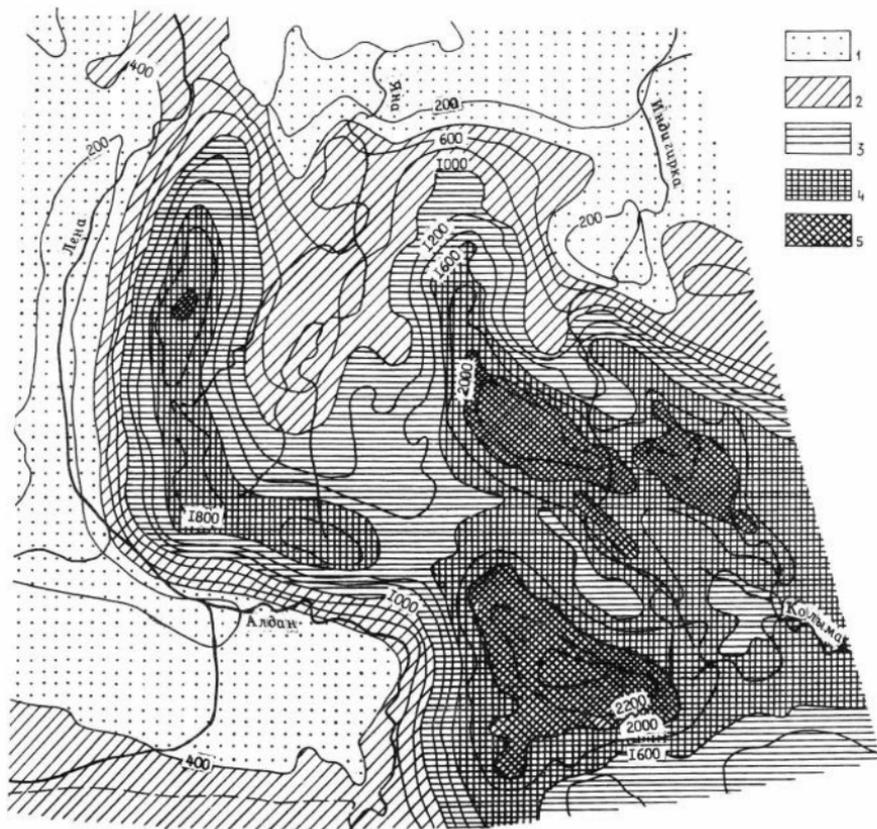


Рис.2. Карта вершинной поверхности тренда, построенная методом скользящего среднего. Изолинии проведены через 200 м.

Сглаживание методом скользящего среднего проводилось по палетке, представляющей сеть равномерно расположенных шестиугольников с перекрытием в половину площадки. Отметка центра шестиугольника является средним арифметическим отток его вершин. Сглаживание по прямоугольной сетке размером  $20 \times 35$  км позволяет выделить пространственные закономерности высокого иерархического уровня. Все расчеты были проведены без применения сложной вычислительной техники с помощью электрической счетной машины. Устойчивость тренда проверялась подсчетом нескольких вариантов с уменьшением и с увеличением числа точек для отдельных участков площади. Устойчивость тренда подтверждалась положением максимумов, повторяющихся на всех поверхностях.

Карты, полученные в результате сглаживания, представлены на рис.2 и 3. Результат вычитания базисной поверхности из вершинной в изолиниях показан на рис.4. Вершинная поверхность тренда имеет довольно сложный рисунок. Самые высокие значения приурочены к Верхоянской горной системе и системе Черского. Вершинная поверхность Верхоянья круто обрывается к Лене и гораздо положе—к Яно-Оймяконскому нагорью. Самые высокие значения оконтуривают юго-восток Верхоянской горной системы, затем, продвигаясь к северо-западу, поверхность снижается до высотного уровня Яно-Оймяконского нагорья, на Верхоянском хребте она не превышает 2000 отметок, у северных хребтов—Хараулахского и кряжа Туора-Сис — снижается до 400 м. Вершинная поверхность горной системы Черского расположена ближе к высотному уровню хребта Сунтар-Хаята. Обширная вершинная поверхность цепи Обручева отделена от узкой, но высоко поднятой поверхности цепи Билибина низкой поверхностью, приуроченной к Момо-Селенняхской цепи впадин, протягивающихся от низовьев р.р.Момы и Чибгалаха на север до верховьев р.Селеннях. Поверхность цепи Матушкина как бы продолжает поверхность хребта Сунтар-Хаята, снижаясь до 2000 м, оконтуривает южные отроги цепи, переходит на хребет Сарычева и, захватывая Верхне-Колымское нагорье и хребты цепи Обручева, поворачивает в северо-восточном направлении, постепенно снижаясь на север к кряжам системы Полоусного. Вершинная поверхность Алазейского плоскогорья и кряжа Ханга-Тас имеет 600-метровый уровень, возвышаясь на 400 м над близлежащими участками. Вершинная поверхность горной системы Черского на юге полого переходит к хребтам Охотского склона. Поверхность Яно-Оймяконского нагорья в верховьях р.Индижки сохраняет высотный уровень соседних областей (от 1600 до

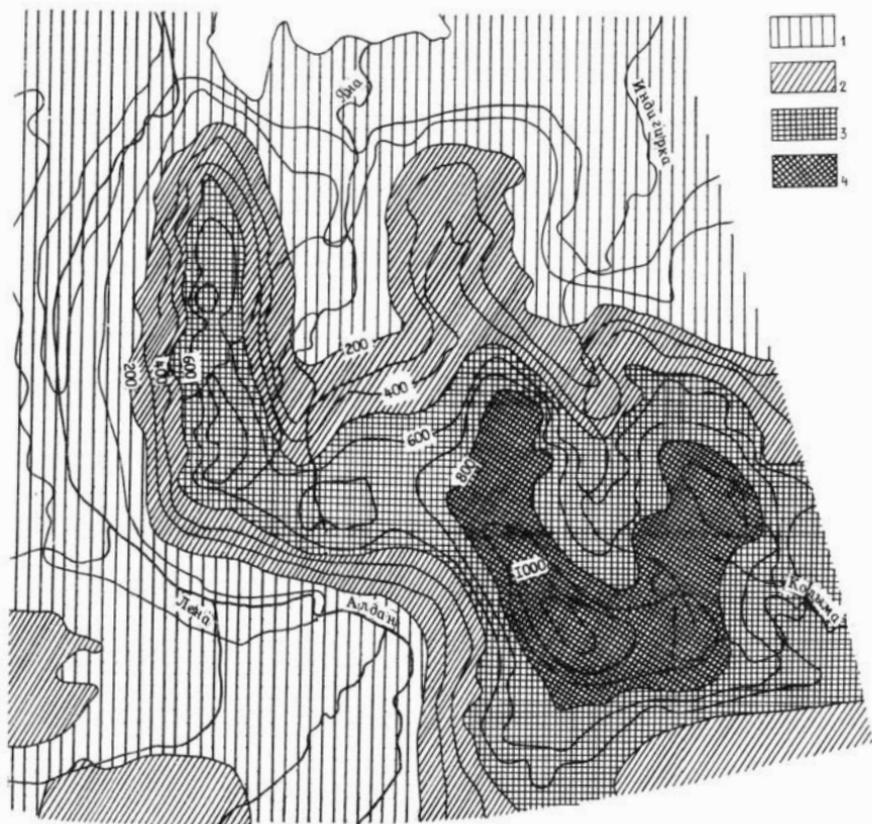


Рис.3. Карта базисной поверхности тренда, построенная методом скользящего среднего. Изолинии проведены через 100 м.



Рис.4. Карта разности между вершинной и базисной поверхностями трендов.  
Изолинии проведены через 200 м.

2000 м), на северо-запад постепенно понижаясь до 200 м. Самые низкие уровни вершинной поверхности характерны Центрально-Якутской, Яно-Индибирской и Средне-Индибирской низменностям.

Базисная поверхность тренда повторяет направления основных орографических элементов и достаточно хорошо коррелируется с вершинной поверхностью (рис.3). Тренд базисной поверхности характеризует уровень врезания современных рек. Обширный по площади уровень от 800 до 1100 м (максимум) относится к верховьям рр.Индибирки и Колымы — это днища рек, стекающих с Сунтар-Хаята и хребтов цепей Матюшкина и Обручева, а также северной части Верхне-Колымского и южной — Яно-Оймяконского нагорий. Днища долин Верхоянской горной системы, юга Верхне-Колымского нагорья и центральной части Яно-Оймяконского нагорий врезаны до 500-800 -метрового уровня. До 200-400 м врезаны днища рек хребтов системы Полоусного и северных хребтов цепи Обручева. Минимальные значения высот базисной поверхности характеризуют низменности.

Разность трендов вершинной и базисной поверхностей является показателем объема материала, находящегося в рельефообразовании (рис.4). Максимальные объемы характерны для Верхоянской горной системы и хребтов горной системы Черского, рядом с которыми по малым объемам выделяются Яно-Оймяконское нагорье, хребты и кряжи системы Полоусного, значительная часть Верхне-Колымского нагорья. Увеличение расстояния между вершинной и базисной поверхностями в том или ином направлении является показателем увеличения объема материала, находящегося в современном рельефообразовании, и свидетельствует об энергичном развитии рельефа. Так, область повышенных объемов протягивается на восток от хребта Сунтар-Хаята, захватывая горы Охотского склона и верховья р.Колымы. Самые большие объемы приурочены к Момскому хребту цепи Билибина и Скалистому, и Силяпскому хребтам цепи Обручева. Резко контрастный малый объем материала характерен системе Момо-Селенняхских впадин. Такая неравномерная картина распределения по площади разных объемов материала тесно связана с энергией развития рельефа, поскольку, чем больше объем материала, находящегося в рельефообразовании, тем больше потребуются времени на его уничтожение.

На рис. 5,6,7 приводятся карты вершинной и базисной поверхностей и разность между ними, построенные по программе «Тренд». Программа составлена в математической партии Комплексной тематической экспедиции ДВТГУ. Алгоритм разработан О.Б.Солдатовым, программа составлена Л.Н.Удовенко, в решении

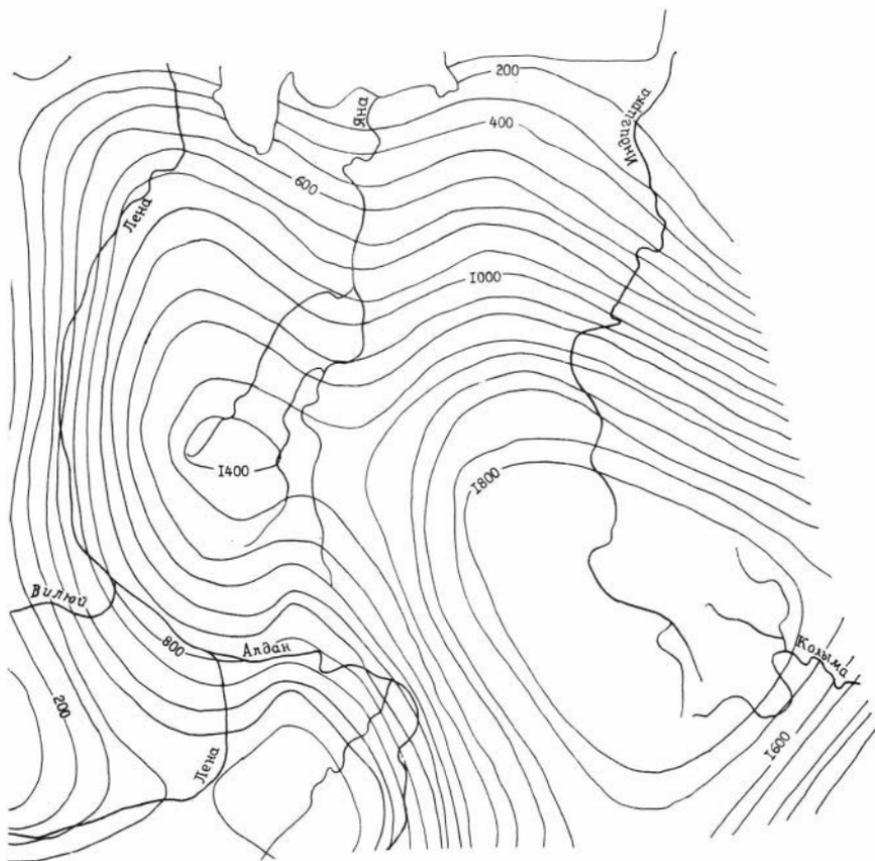


Рис.5. Карта вершинной поверхности тренда, построенная с помощью устройства построчной печати по программе «Тренд». Изолинии проведены через 100 м.

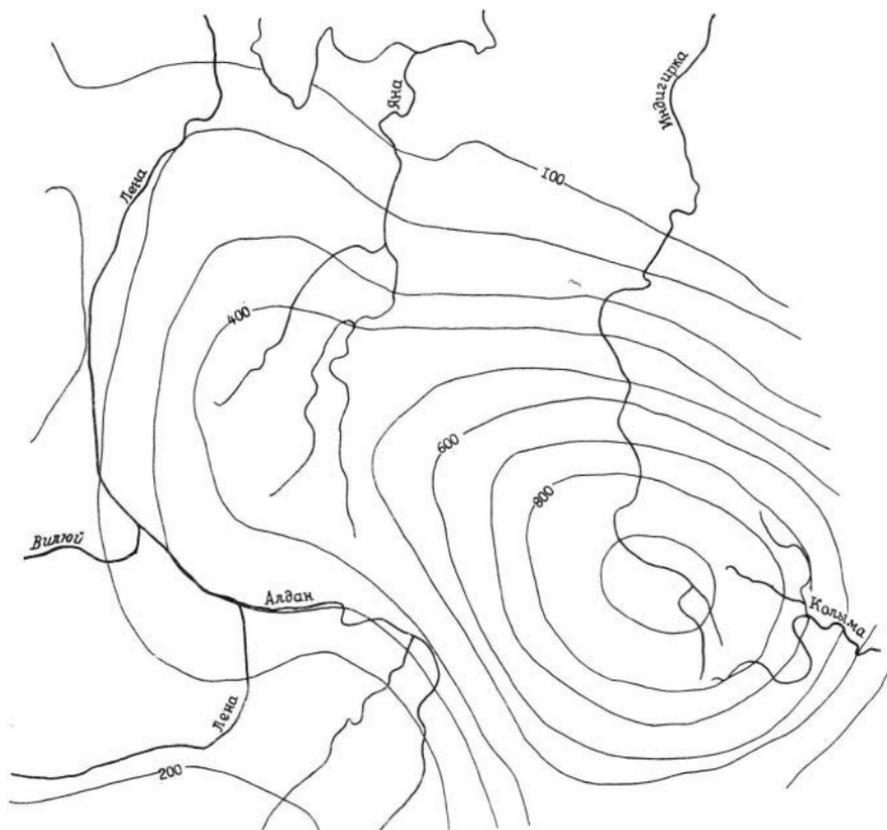


Рис.6. Карта базисной поверхности тренда, построенная с помощью устройства построчной печати по программе «Тренд». Изолинии проведены через 100 м.

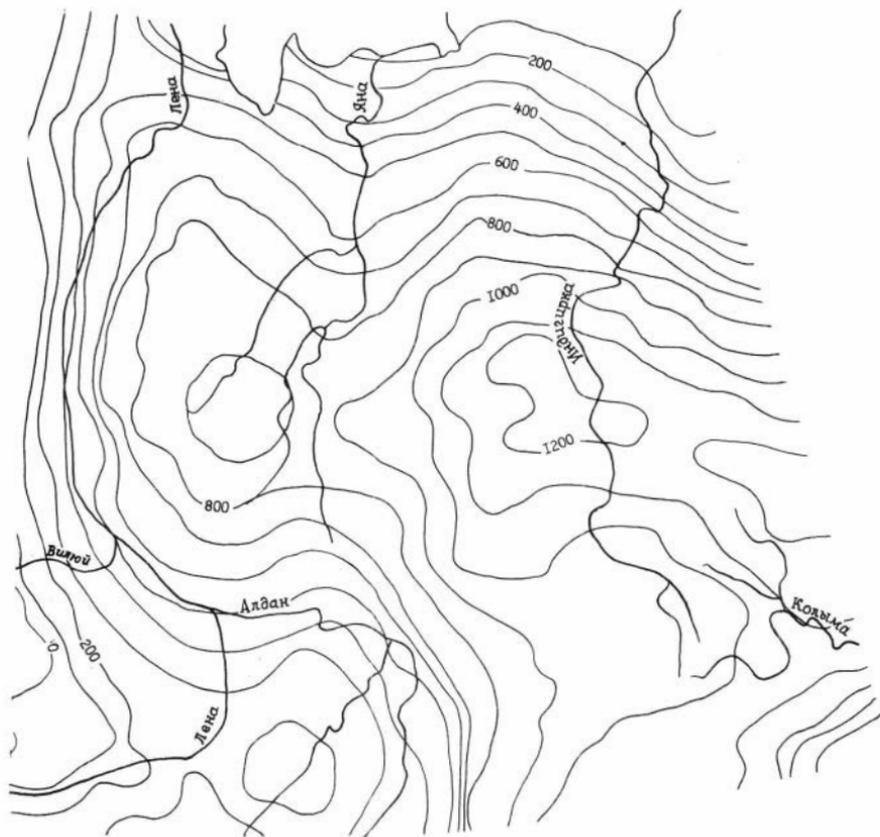


Рис.7. Карта разности между вершинной и базисной поверхностями трендов.  
Изолинии проведены через 100 м.

задачи принимала участие Н.С.Маковская. Описываемая программа предназначена для построения поверхности тренда изучаемой характеристики или ее натурального логарифма как полиномиальной функции от двух координат плоскости. Степень полинома может принимать значения от 0 до 8. Особенностью программы является автоматический выбор степени полинома, причем выбор осуществляется на основе вероятностного подхода. Это означает, что в качестве окончательного решения принимается простейшая поверхность, отклонения от которой замеренных значений могут объясняться случайными причинами. В качестве аномальных выделяются точки, величина отклонений характеристики в которых от поверхности тренда принимает значения, имеющие вероятность не более 1% или 5%.

Метод решения по программе «Тренд» заключается в следующем. В трехмерном пространстве задано множество несовпадающих точек  $(x_i, y_i, z_i)$ , где  $i=1,2,3,\dots,m$ . Предполагается, что координата  $z_i$  каждой  $i$ -ой точки складывается из двух компонент:

$$z_i = z_i' + f(x_i, y_i). \quad (1)$$

где  $z_i'$ —случайная компонента,  $f(x,y)$ —некоторая функция от координат  $x$  и  $y$ . Требуется среди заданного класса функций подобрать такую, чтобы ее подстановка в формулу (1) для выполнения равенства была не только достаточной, но и необходимой в смысле отсутствия среди заданного класса функций более простой функции, также удовлетворяющей равенству (1), а математическое ожидание  $(z_i')^2$  было минимальным. Под более простой понимается та функция, которая накладывает на данное множество меньше число связей. Число связей равно числу неопределенных коэффициентов, входящих в аналитическое выражение функции.

В качестве класса сравниваемых функций рассматривается совокупность всех полиномов вида:

$$f(x,y) = 1 (1, x, y, x^2, xy, y^2, x^3, x^2y, y^3, \dots, x^n, x^{n-1}y, \dots, xy^{n-1}, y^n)$$

Конкретный вид полинома степени  $n$  ( $0 \leq n \leq 8$ ) определяется методом наименьших квадратов, приводящих к решению системы линейных уравнений, матрица коэффициентов которых имеет вид:

$$\begin{matrix} 1 & [y] & [x] & \dots & [y^n] & [y^{n-1}x] & \dots & [x^n] & [z] \\ [y] & [y^2] & [yx] & \dots & [y^{n+1}] & [y^n x] & \dots & [yx^n] & [yz] \\ \dots & \dots \\ [x^n] & [yx^n] & [x^{n+1}] & \dots & [y^n x^n] & [y^{n-1} x^{n+1}] & \dots & [x^{2n}] & [x^n z] \end{matrix}$$

где для обозначения сумм использован символ Гаусса

$$[xy] = \sum x_i y_i$$

Для решения системы уравнений используется метод главных элементов. Полученный полином подставляется в формулу (1) и проверяется выполнение этого равенства. При невыполнении равенства вычисляется и подставляется в (1) полином на единицу большей степени и т.д. до тех пор, пока очередной полином не удовлетворит равенству (1) или не достигнет максимальной, предусмотренной программой степени (восьмой). В качестве первого полинома берется полином нулевой степени  $f(x, y) = \text{const}$ . Проверка выполнения равенства (1) после подстановки в него функции сводится к проверке статистической гипотезы о случайности по отношению к  $x$  и  $y$ , полученных в результате подстановки значений

$$z_i^1 = z - f(x_i, y_i)$$

Принятие гипотезы соответствует выполнению равенства (1), ее отвержение — невыполнение равенства.

Проверка гипотезы о случайности по отношению к  $x$  и  $y$  величины  $z^1$  основана на том, что конкретные значения  $z_i^1$  этой величины можно считать случайными в том случае, если они удовлетворяют требованию взаимной независимости, т.е. принимают любые возможные значения независимо от значения  $z_j^1, (i \neq j)$ . Факт независимости величины устанавливается путем вычисления  $g$ -парного линейного коэффициента корреляции между значениями.

$$z_i^1 (i=1, 2, \dots, m)$$

$$z_j^1 (R_{i,j} = \min)$$

где

$$R_{ij} = (x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2$$

Значимость коэффициента корреляции  $q_z$  определяется с помощью  $z$ -функции Фишера при двух уровнях — 95 и 99%. На каждом шаге решения анализируется дисперсия величины относительно  $f(x, y)$

$$D = \frac{\sum_{i=1}^m [z_i - f(x_i, y_i)]^2}{m-1}$$

где  $l$ -число связей, накладываемых  $f(x, y)$ . Дисперсия характеризует относительную устойчивость решения. Решение можно считать наиболее устойчивым, когда дисперсия достигает своего минимального значения.

После достижения случайности остатка или максимально предусмотренной степени полинома конкретный вид уравнения тренда определяется той степенью полинома, при которой дисперсия принимала минимальные значения. Карты, представленные на рис. 5,6,7, отрисованы по уравнению тренда 4-ой степени с помощью устройства построчной печати.

Тренды, построенные двумя методами, оказались сходными по рисунку с определенными пространственными закономерностями. Они заключаются в том, что максимумы вершинной и базисной поверхностей приурочены к Верхоянской горной системе и системе Черского, максимальные объемы материала пространственно совпадают с хребтами этих двух горных систем. На всех трендах повторяется общий пологий уклон поверхностей на север, которому подчиняются течения крупных рек, крутой— в западном направлении.

Самая интересная особенность в рисунке поверхностей вершинного и базисного тренда, это их удивительное соответствие между собой, подчинение одной и той же закономерности, т.е. высокая корреляция двух трендов. Сразу напрашивается вывод о высокой степени унаследованности в развитии современного рельефа. Высокая корреляция (0,90-0,95) между вершинной и базисной поверхностями свидетельствует о «гармоничном» развитии рельефа, низкий коэффициент корреляции связан с «дисгармоничным» развитием рельефа. Впервые на разную степень соответствия этих поверхностей обратил внимание Г.И.Худяков и сформулировал принцип гипсометрической корреляции рельефа (Худяков, 1971). Согласно этому принципу, высокая корреляция вершинной и базисной поверхностей связана с равновесным состоянием развития рельефа. Высокая корреляция поверхностей на изученной территории в какой-то степени может быть объяснена относительно малой контрастностью новейших тектонических движений. О пониженной контрастности новейших движений, по мнению И.А.Резанова, свидетельствуют такие признаки, как ограниченная площадь впадин в пределах гор Северо-Востока, малые глубины их и малый объем осадков. Вследствие низкой контрастности ограничена и роль молодых разломов в формировании рельефа (Резанов, 1968, с.183).

Сохраняя общие закономерности, в деталях рисунок поверхностей трендов имеет отличия. Это прежде всего касается отсутствия на трендах, отрисованных методом аппроксимации, северных и средних хребтов Верхоянской горной системы. Идя по пути самого простого объяснения этого явления, можно сослаться на слабое место в методике построения самого тренда.

хотя это нельзя сбрасывать со счета. Но правильнее было бы сделать вывод о том, что тренды, полученные с помощью полиномиальной функции, отражают общие тенденции распределения высот вершинной и базисной поверхностей. Об этом свидетельствует рисунок поверхностей, характеризующийся отсутствием деталей, которые свойственны поверхностям трендов, построенных способом скользящего среднего. Складывается впечатление, что на этих трендах не подавлена случайная тенденция изменения высот, которая присутствует в рисунке поверхностей. На трендах же, построенных подбором полинома определенной степени, выявлена только систематическая тенденция.

Подавление случайных изменений заложено в самой программе «Тренд», при использовании же метода скользящего среднего эту возможность реализовать труднее. Вероятнее всего, увеличив шаг осреднения, мы сможем получить поверхности, соответствующие полученным по программе «Тренд». Необходимо заметить, что карты, построенные способом скользящего среднего, выглядят привычнее для геоморфолога из-за наличия на них деталей, которые приближают построенные тренды к ображаемым в рельефе вершинной и базисной поверхностям. Причем, для построения вершинной поверхности степень абстракции несравненно меньше, нежели для базисной поверхности. Эта поверхность всегда невидимая, абстрактно представляемая. В этом смысле тренд-анализ является хорошим примером картографического абстрагирования со всеми присущими ему чертами, поскольку в нем на «передний план выступают общие, существенные, типичные и закономерные признаки объекта абстрагирования» (Асланикашвили, 1974, с.65).

Проведенный опыт представляет определенный методический интерес, поскольку, пользуясь одинаковым шагом осреднения двумя независимыми методами, удалось получить два разных уровня обобщения вершинной и базисной поверхностей (Хворостова, 1973). Представляется, что, аппроксимируя поверхность современного рельефа полиномами 4-ой степени, мы вышли на более высокий уровень и получили пространственные закономерности более высокого порядка по сравнению с методом скользящего среднего.

Тогда этим объясняется отсутствие на трендах северного и среднего Верхоянья крупных положительных форм рельефа. Здесь интересно отметить, что эта часть Верхоянской горной системы не отражается в строении земной коры (Штех, 1967). Значения мощности земной коры Вилюйской синеклизы (25-27 км) прослеживаются в пределах Верхоянской складчатой зоны без

изменения. Область повышенной мощности коры проходит через южные хребты Верхоянской горной системы и выходит в верховья Индигирки, где мощность доходит до 45 км. По мнению Г.И.Штеха, это указывает на независимость современных подкоровых процессов от древнего структурного плана. Несмотря на то, что образование Верхоянья сопровождалось подтоком подкорового вещества, «дефицит массы под ним не был полностью компенсирован и сохранился отрицательный баланс вещества. Возникла положительная форма рельефа, но остались отрицательные аномалии силы тяжести» (Коржуев, 1974, с.125).

Исходя из такого объяснения, мы можем предположить, что чем выше порядок тренда, тем более глубинную природу имеют вскрываемые закономерности. Здесь напрашивается аналогия с космическими снимками, для которых теперь стало очевидным, что с уменьшением масштаба снимков (чем выше над землей) больше проявляется связь с глубинным строением земной коры. Это требует подтверждения, которое пока не может быть выполнено из-за отсутствия необходимых геофизических данных. Отрывочные геофизические данные, имеющиеся на данную территорию, позволяют высказать предположение и видеть в характере строения вершинной и базисной поверхностей общие закономерности глубинного строения земной коры.

Стохастический (вероятностный) характер связи между интенсивностью поля силы тяжести и средней высотой современного рельефа отмечается рядом авторов как для всей Земли в целом (Деменьцкая, 1967; Борисов, 1967 и др.), так для Сибири и Дальнего Востока (Зорин, 1971). В целом ряде случаев выявлены и несоответствия изменения мощности земной коры и высот рельефа. Возможные причины подобного несоответствия В.П.Философов видит в отставании как в пространстве, так и во времени высот рельефа от изменения мощности земной коры и напряжения гравитационного поля (Философов, 1975). Причем имеются в виду только общие пространственные закономерности строения современного рельефа, поскольку крупные ассоциации форм рельефа связаны с глубинной структурой. Тренд в этом отношении является незаменимым анализом, поскольку с его помощью в рельефе убираются детали, мелкие особенности рельефа, и вскрываются основные черты. В глубинном строении анализу подлежат только региональные аномалии, так как локальные аномалии поля силы тяжести связаны с плотностными неоднородностями верхней части земной коры (Зорин, 1976).

Отмеченная закономерность связана с изостатическим равновесием, которое заключается в том, что с увеличением избытка топографических масс увеличивается недостаток глубинных масс. Глубинное распределение масс отображается в гравитационном поле. Поэтому изучение изостазии путем сопоставления гравитационного поля с рельефом вполне оправдано (Люстих, 1957). Разность вершинного и базисного трендов тесно связана с характером изменения топографических масс. Существование участков земной коры с различным объемом масс может свидетельствовать о несоответствии между топографическими массами, слагающими рельеф, и компенсационными массами (глубинными плотностными неоднородностями) (Беспалый, Максимов, 1971). Все вышеизложенное показывает «... важность изучения характера и оценки степени соответствия поверхностной структуры, выраженной геоморфологически, глубинному строению» (Зорин, 1976, с.246).

Выявляя с помощью тренд-анализа характер связей между геоморфологическим и глубинными процессами, мы подходим к характеристике геоморфологического слоя нашей планеты—пространства, в котором происходит связь рельефа с геологическим субстратом. Вскрытие этой связи и является целью формационного анализа, при котором необходимо ответить на вопрос: «...как и в какой степени рельеф земной поверхности отражает структуру геоморфологического слоя» (Флоренсов, 1976). Отсюда становится яснее методическое значение тренд-анализа современного рельефа.

Мы описали методику построения поверхностей тренда и попытались изложить общие соображения по поводу их интерпретации. На методические трудности тренд-анализа и неясности истолкования полученных закономерностей указывают большинство исследователей, занимающихся этим анализом в геологии десятки лет. В геоморфологии опыт применения процессов и методов сглаживания невелик, а трудности остаются те же.

Необходимо иметь в виду, что для такой большой территории, как Восточная Якутия, такой анализ проведен впервые. Основная методическая трудность: выбор вида преобразования при сглаживании. Выбирая для аппроксимации полиномы, нужно было бы убедиться до сглаживания, что полиномиальная функция и определенная степень полинома точнее всего описывает имеющуюся зависимость. Критерия для выбора подходящей функции пока не существует. В связи с этим встает вопрос о минимальном числе параметров для получения необходимой поверхности тренда.

Эти нерешаемые пока методические трудности, а также трудоемкая вычислительная работа заставляют исследователей пользоваться при сглаживании методом скользящего среднего. При этом полученные закономерности будут полностью зависеть от интервала сглаживания. Поэтому поверхности трендов, построенные методом скользящего среднего, всегда в большей или меньшей степени будут близки к реально существующим поверхностям в рельефе. Примером служат поверхности трендов Восточной Якутии. Поскольку рисунок этих поверхностей привычнее, чем трендов, построенных методом аппроксимации, а уровень нашего знания таков, что нам легче их интерпретировать, то можно было бы остановиться на методе скользящего среднего и рекомендовать его для тренд-анализа. Нам представляется, что такой выбор был бы неверным. Правильнее было бы сказать, что тренд-анализ, так же как и формационный анализ, выводит геоморфолога на новый уровень исследования, к которому он полностью не готов. Первый толчок в этом направлении сделан материалами, полученными из космоса. Непривычная большая обзорность космических снимков, а также естественная генерализация частных особенностей строения рельефа сделали их ценным материалом при изучении пространственных закономерностей разных масштабов.

Представляется, что и тренд-анализ явится источником новых знаний о современном рельефе. Доказательством этому служит опыт применения его в геоморфологии и многочисленные примеры практического использования поверхностей тренда в геологии. Необходимость проведения тренд-анализа при формационном подходе продиктована тем, что это один из путей распознавания главных тенденций в распределении уклонов в рельефе геоморфологических формаций. В этом случае вершинные и базисные тренды являются математическими моделями поверхности современного рельефа, пусть не совсем точными, а только приблизительными. Строить такие модели мы вынуждены «...не столько для однозначного ответа на поставленный вопрос, сколько для ориентировки в явлении» (Грекова, 1976, с.108).

При интерпретации вершинного и базисного трендов намечается связь их с глубинным строением земной коры. Разность вершинной и базисной поверхности трендов и характер соотношения их друг с другом могут привести нас к пониманию различных типов взаимодействия рельефа с геологическим субстратом. Выявление характера такой связи—одна из основных задач при изучении геоморфологических формаций.

## ЛИТЕРАТУРА

- Асланикашвили А.Ф.* Метакартография. Основные проблемы. Тбилиси, «Мецниереба», 1974.
- Берлянт А.М.* Опыт количественного изучения неотектоники путем морфометрической реконструкции первичного рельефа.—«Изв. АН СССР, сер. геогр.», 1965, № 1.
- Берлянт А.М.* Картографический метод исследования природных явлений. Практическое пособие. М. Изд-во ун-та, 1971.
- Беспалый В.Г., Максимов А.Е.* Неотектоника и изостазия Северо-Востока СССР.—«Геоморфология», 1971, № 3.
- Борисов А.А.* Глубинная структура территории СССР по геофизическим данным. М., «Недра», 1967.
- Боровко Н.Н.* Статистический анализ пространственных геологических закономерностей. Л., «Недра», 1971.
- Васьяковский А.П.* Обзор горных сооружений крайнего Северо-Востока Азии.—В кн.: Материалы по геологии и полезным ископаемым Северо-Востока СССР. Вып.10, Магадан, 1956.
- Грекова И.* Методологические особенности прикладной математики на современном этапе ее развития.—«Вопросы философии», 1976, № 6.
- Девдариани А.С.* Математический анализ в геоморфологии. М., «Недра», 1967.
- Деменцкая Р.М.* Кора и мантия Земли. М., «Недра», 1967.
- Добрецов Н.Л., Зуенко В.В., Шемякин М.В.* Статистические методы в геологии. Новосибирск, «Наука», 1974.
- Дэвис Д.* Статистика и анализ геологических данных. М., «Мир», 1977.
- Зорин Ю.А.* Новейшая структура и изостазия Байкальской рифтовой зоны и сопредельных территорий. М., «Наука», 1971.
- Зорин Ю.А.* Глубинное строение и рельеф (на примере Восточной Сибири).—В кн.: Проблемы эндогенного рельефообразования. М., «Наука», 1976.
- Ильин А.В.* Геоморфология дна Атлантического океана. М., «Наука», 1976.
- Когин А.Б.* Построение и использование карт превышений для выявления погребенных платформенных поднятий.—«Геология нефти и газа», 1961, № 4.
- Коржуев С.С.* Морфотектоника и рельеф земной поверхности. М., «Наука», 1974.
- Крамбейн У., Грейбилл Ф.* Статистические модели в геологии. М., «Мир», 1969.
- Люстих Е.Н.* Изостазия и изостатические гипотезы. М., Изд-во АН СССР, 1957.
- Порядкин В.С.* Стохастический метод морфоструктурного анализа (на примере юго-западной части Сибирской платформы). Автореферат канд.дисс. Новосибирск, 1974.
- Резанов И.А.* Особенности строения и развития мезозойд Северо-Востока СССР. М., «Наука», 1968.
- Философов В.П.* Краткое руководство по морфометрическому методу поисков тектонических структур. Саратов, Изд-во Ун-та, 1960.
- Философов В.П.* Основы морфометрического метода поисков тектонических структур. Саратов, Изд-во ун-та, 1975.
- Флоренсов Н.А.* Геоморфологические формации.—В кн.: Проблемы эндогенного рельефообразования. М., «Наука», 1976.

*Хворостова З.М.* Формационный геоморфологический анализ Верхояно-Колымской горной области.—В кн.: Структурная геоморфология горных стран. Фрунзе, «Илим», 1973.

*Худяков Г.И.* К проблеме ярусности рельефа горных стран (на примере отдельных районов южной части советского Дальнего Востока)—В кн.: Вопросы морфометрии, вып. III. Саратов. Изд-во ун-та, 1971.

*Штех Г.И.* Строение земной коры Верхоянского мегантиклинория и прилегающей части Сибирской платформы.—В кн.: Региональные геофизические исследования в Сибири. «Наука», Новосибирск, 1967.

Chorley R.J., Haggett P. Trend-surface mapping in geographical research.—Transactions, Inst. of British Geographers, 1965, 37.

Heikkinen O. A trend-surface analysis of relief in Sipoo, Southern Finland.—Fennia, 1975, 141.

## ФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ РЕЛЬЕФА ВОСТОЧНОГО САЯНА

Настоящую работу следует рассматривать как первую, а потому не претендующую на полноту и законченность, попытку исследования рельефа Восточного Саяна с точки зрения разрабатываемого в настоящее время понятия «геоморфологическая формация».

Сущностью геоморфологической формации, по Н.А.Флоренсову (1964, 1971), является единство геоморфологической структуры, климата и неотектоники. Под геоморфологической структурой следует, по-видимому, понимать потенциальные геоморфологические свойства субстрата, отличающегося от геологического субстрата тем, что он принимает участие в рельефообразовании. Н.А.Флоренсовым, при рассмотрении составляющих геоморфологическую формацию компонентов, делается акцент на геоморфологическую структуру как на тот материал, из взаимодействия которого с климатом и неотектоникой создается геоморфологическая формация.

В более поздней работе Н.А.Флоренсовым (1976) приведены четыре признака или параметра, которые могут быть основными и достаточными, по его мнению, для сравнения геоморфологических формаций. Такими признаками являются: 1—геологический субстрат, основные свойства которого определяют принадлежность его к определенному структурному блоку или поясу; 2—новейшая тектоника, выраженная в морфологии рельефа; 3—климат и 4—баланс притока и оттока вещества земной коры, который определяет характер подвижного равновесия и условно выражается соотношением тектоники и денудации (*T* и *D*).

Рассмотрение единства геоморфологической структуры, климата и неотектоники как способа их подвижного равновесия (внутренняя структура признаков геоморфологической формации) есть, по-видимому, не что иное как представление геоморфологической формации в качестве некоей системы, главным свойством которой является стремление к сохранению равновесия. Такой системный подход к изучению геоморфологических формаций проводится в работах О.В.Кашменской (1971, 1975, 1976) и З.М.Хворостовой (1973, 1975, 1976-а, 1976-б).

Геоморфологическую формацию, как нам представляется, можно рассматривать и как природно-территориальный комплекс (Миляева, 1973), аналогично природному комплексу в ланд-

шафтоведении, сущность которого (Калесник, 1970) определяется единством рельефа, климата, вод, почвы, растительности и животного мира. Это единство обеспечивается непрерывным обменом вещества и энергии между составляющими его компонентами. Причем изменение одного из компонентов ведет к изменению характера природно-территориального комплекса в целом. Кроме аналогии по сущности, геоморфологическая формация подобна природному комплексу в ландшафтоведении и по основным своим свойствам. К ним относятся (Преображенский, 1972): 1—состав комплекса из нескольких более простых частей или компонентов; 2—наличие связи между этими частями; 3—целостность комплекса, выражающаяся в приобретении нового его свойства, отличающегося от свойств каждого отдельного, входящего в комплекс, компонента; 4—зависимость между компонентами, скорее всего, носит не жесткий, причинно-следственный, а корреляционный характер, т.е. изменение целого при каждом новом сочетании свойств частей происходит неоднозначно, а имеет несколько вариантов.

Такая аналогия сущности и свойств геоморфологической формации с природным комплексом позволяет выбрать и аналогичную методику ее исследования. Поскольку при изучении многокомпонентного природного объекта мы сталкиваемся с проблемой упорядочивания свойств этих компонентов, то, видимо, вполне оправдывает себя обращение к какому-то строгому правилу, а именно к попытке применения в формационных исследованиях основных положений теории графов. В то же время, при рассмотрении геоморфологической формации как сложной динамической системы, становится необходимым применение метода динамических балансов (Арманд, 1975; Кашменская, 1975). Представляется, что именно этими способами, заключающими в себе возможности логического и наглядного (граф) упорядочивания множественности связей между компонентами и их свойствами и путь к раскрытию направленности (балансы) развития системы, можно наиболее полно осветить сущность понятия геоморфологической формации на региональном материале.

Граф (или дерево логических возможностей) широко используется в физико-географических исследованиях при создании классификаций природно-территориальных комплексов. Например, этим способом выполнена классификация кстовин горной тайги (Александрова, 1972) и эрозионных долин (Миловидова, 1969) и др.

В популярных, доступных для нематематиков, изложениях теории графов (Берж, 1962; Оре, 1965) они объясняются как схемы или фигуры, состоящие из точек, которые называются вершинами, и отрезков или ребер, соединяющих эти вершины, и применяются как наиболее наглядный и удобный способ изображения некоторых основных понятий математики. Такими понятиями в теории графов являются: а) множество как собрание объектов любой природы, б) отношения между этими объектами, в) упорядоченность, предполагающая, что все элементы множества на определенном уровне организации этого множества сравнимы между собой по одному какому-либо признаку (например, слова в словаре расположены в алфавитном порядке, ученики—по росту, поверхности в горной стране упорядочены по абсолютным отметкам и т.д.). Основное правило графа заключается в том, что он отображает не любое множество, а лишь то, внутри которого между составляющими имеются определенные отношения. Эти отношения исследуются способом так называемого «дерева». При этом структура отношений внутри множества может характеризоваться большим количеством признаков, непосредственно не связанных друг с другом, и представлять собой многоступенчатые ответвления от одной точки. Причем каждое ответвление (или ступень) подчиняется правилу «упорядоченности» теории графов, т.е. определяется своим свойством связи или «основанием деления».

В основу метода динамических балансов положено сравнение обменных величин вещества или энергии отдельных компонентов природного комплекса и определение по ним направленности процесса его развития. Необходимо заметить, что в геоморфологии методом балансов можно оперировать пока лишь с качественными показателями в отличие от физической географии, где он часто обеспечен количественными оценками вещества или энергии (тепловой баланс, например, измеряется в кал/мин; водный баланс—осадки, испарение, сток—в см/год и т.д.). Эти качественные показатели мы получаем при изучении различных сочетаний свойств рельефа.

Большая часть Восточного Саяна представлена горным рельефом, и лишь незначительным пятном на юго-востоке его выделяется плато. Для общего облика горного рельефа характерна ярусность, природа которой до конца не выяснена. Расположение этих ярусов часто мозаичное, либо такое, которое позволяет увидеть рельеф Восточного Саяна в виде асимметричного свода или полусвода: в случае, например, пересечения его с запада на восток можно увидеть три яруса гор, образуя-

щие пологое крыло свода, тогда как на профиле, ориентированном с юга на север, крыло свода срезано тектоническим уступом, и в этом случае высокий ярус гор непосредственно сочленяется с наиболее низким ярусом.

Попробуем рассмотреть рельеф Восточного Саяна с точки зрения четырех признаков геоморфологической формации, предложенных Н.А.Флоренсовым.

**Геоморфологическая структура.** В пределах рассматриваемых ярусов гор и плато она разная. Несмотря на то, что классификации устойчивости пород к денудации не существует, можно все же распределить породы, составляющие субстрат рельефа исследуемого региона, по степени их сопротивляемости к агентам денудации. Вероятнее всего, к наиболее стойким в этом плане следует отнести группу метаморфических пород, причем они тем более стойки, чем древнее их возраст. К ним относятся архейские гнейсы, протерозойские кварциты, кристаллические сланцы. Более податливыми представляются интрузивные образования. Время в этом случае играет обратную роль, т.е. чем древнее интрузивные породы, тем меньшей устойчивостью они обладают. Например, в высокогорье развиты палеозойские граниты, тогда как в низкогорье—распространены архейские разгнейсованные граниты. Наиболее податливыми, слабо устойчивыми, являются осадочные породы, которыми, в основном, отличается субстратный материал рельефа низкогорий. Несмотря на то, что разница в устойчивости пород, составляющих субстратный материал рельефа высокогорного и среднегорного ярусов, трудно определима (там и там развиты разновозрастные метаморфические породы и разновозрастные интрузивные массивы), а между среднегорным и низкогорным ярусами эта разница четкая, можно считать, что геоморфологическая структура изучаемых ярусов разнородная. Из этого следует, что эти ярусы даже в сочетании с однородными компонентами—одинаковой неотектоникой, климатом, соотношением  $T$  и  $D$  — могут в каждом отдельном случае создать различные геоморфологические формации.

**Неотектоника.** В неотектоническом отношении Восточный Саян представляет собой сводовое поднятие, дифференцированное и осложненное блоковыми движениями. Горные хребты, поднятые на различную высоту и образующие ярусы, имеют неодинаковую морфологию. Характер междуречий и их склонов, интенсивность эрозионного расчленения, не зависящая от характера размываемых пород, а также типы долин в пределах высокогорья отличаются от облика этих элементов рельефа

среднегорья, подобно тому, как среднегорье по своей морфологии не похоже на низкогорье. Неодинаковая морфология ярусов в сочетании с их различной абсолютной высотой, по-видимому, является следствием различного характера неотектонических движений.

Таким образом, и в данном случае, подобно предыдущему, ярусы с разнородной неотектоникой могут, по-видимому, представлять собой геоморфологическую формацию в условиях одинаковых климата, соотношения  $T$  и  $D$ , а также близкого по устойчивости субстрата.

**Климат.** Рельеф Восточного Саяна развивается в условиях одного климатического пояса—гумидного, умеренно-теплого (Физико-географический атлас мира, М., 1964), который в целом является благоприятным для денудации. Как одну из составляющих — геоморфологической формации — климат принят за постоянную величину. В то же время диапазон абсолютных высот (1100-3000 м) создает вертикальную климатическую зональность и, естественно, климатическая составляющая денудации для высокогорного яруса отличается от этой составляющей в условиях низкогорья своим соотношением количества жидких и твердых осадков. В высокогорье имеются небольшие участки, где рельеф формируется под влиянием современного оледенения (на хр. Мунку-Сардык, где есть четыре ледника на абсолютных высотах более 2700 м; у Пика Топографов, на абсолютных высотах более 3000 м, ледники развиваются в глубоких карах, а также они имеются на восточной оконечности Кизир-Казырского хребта). Кроме того, северо-западная — юго-восточная ориентированность Восточного Саяна по отношению к господствующим западным и юго-западным ветрам определяют большее увлажнение его западной части. Эти особенности составляют разные оттенки климата внутри одного и того же умеренного пояса.

**Характер подвижного равновесия, условно выраженный соотношением тектоники и денудации.** Денудационные и тектонические процессы можно рассматривать как сложные динамические компоненты, качественные значения которых определяются по ряду сравнительных характеристик рельефа. Величины энергии этих процессов ( $T$  и  $D$ ) являются «статьями» баланса в методе динамических балансов (Кашменская, 1973), по соотношению их могут быть выделены типы развития геоморфологических формаций: равновесный и неравновесный. Равновесный тип формаций может быть обусловлен как максимумом тектонических и денудационных значений энергии, так и минимумом их. Неравновесный тип может быть: а) ведущим к интенсивному сни-

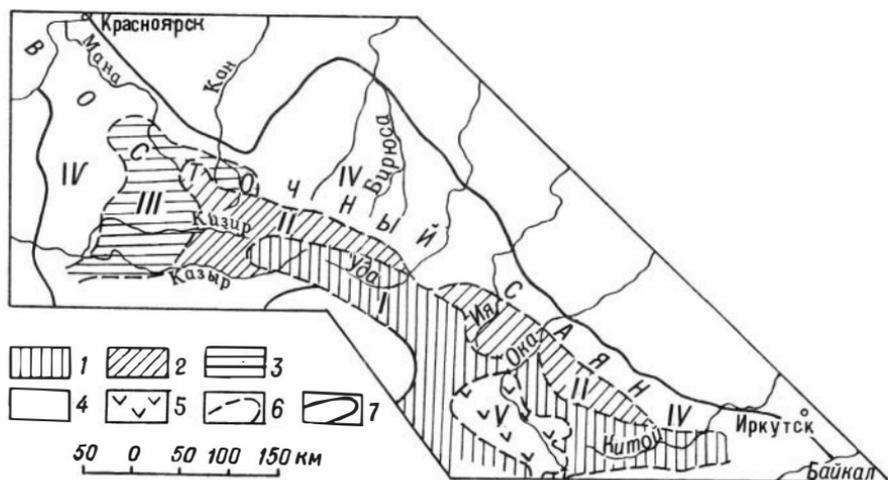
жению гор в случае, когда денудация сильно преобладает над тектоникой при оптимальном климате и слабо устойчивом субстрате, б) ведущим к умеренному снижению гор, обусловленный преобладанием денудации над тектоникой при неблагоприятном климате и слабоустойчивом субстрате или, наоборот, в условиях благоприятного климата и весьма устойчивом субстрате; в) ведущим к интенсивному росту гор, когда тектоника сильно преобладает над денудацией при любом сочетании климата и субстрата; г) ведущим к умеренному росту гор, если тектоника преобладает при неблагоприятном климате или субстрате и т.д.

Следует заметить, что этот признак геоморфологической формации (баланс  $T$  и  $D$ ) является основным; он выводится из качественных соотношений трех предыдущих. Здесь встает вопрос о степени информативности тех или иных отношений между различными свойствами компонентов изучаемого природного объекта. Вероятно, среди них есть главные, такие, например, как отношение климата и субстрата или неотектоники и субстрата. Другие отношения между свойствами компонентов могут быть дополнительными или вспомогательными, например, отношение вертикальной расчлененности к гипсометрическому уровню геоморфологической формации и др. Возможно, что классификация этих отношений по степени информативности о балансе тектоники и денудации пойдет по иному какому-то пути. Ясно одно, что если изучать геоморфологическую формацию как некое множество или систему, а такое изучение представляется наиболее экономичным, то необходимым станет исследование не отдельных свойств или признаков, а структуры системы, т.е. связи между свойствами компонентов этой системы.

Если построить для Восточного Саяна граф, то можно проследить частичный характер связей между компонентами и их свойствами, образующими внутреннюю структуру геоморфологической формации. Логическое прослеживание следует начать «сверху вниз», т.е. с морфологических и морфометрических свойств рельефа (2-ой и 3-й уровни), поскольку изучение рельефа удобнее, как нам представляется, начать с его внешних черт (об этом же писал в ранних своих работах и Н.А.Флоренсов), а затем уже сделать переход к рассмотрению геоморфологической структуры, внутреннего содержания рельефа (4-й уровень) и далее — к соотношению тектоники и денудации. Логическое прослеживание связей компонентов и их свойств может быть и иным, но результатом должно явиться выделение геоморфологических формаций по главному ее свойству.

Применив способ графа и метод динамических балансов, в пределах Восточного Саяна в условных границах выделено несколько геоморфологических формаций (см. рис.). Условность эта связана с тем, что вопрос границ геоморфологических формаций представляет собой самостоятельное исследование и тесно связан с вопросом их конформности. Напомним здесь только о том, что Восточный Саян является гетерогенным тектоническим сооружением и соотношение неотектонических и донеотектонических структур имеет различный характер.

Как пример развернутой характеристики геоморфологической формации приводим описание некоторых из них. 1—*Формация интенсивно растущих высоких гор.*—Представлена Большим Пограничным Саяном с Агульскими Белками, Джуглымским хребтом, Китойско-Тункинскими Гольцами. Расположение их не



Схематическая карта геоморфологических формаций Восточного Саяна.

Формации: 1—гор, интенсивно растущих, высоких (2600-3200 м); массивных, с весьма устойчивым субстратом, в умеренном климате с влиянием незначительных современных ледников; с отрицательным балансом рыхлого материала; 2—гор растущих, средних (2200-2600 м), массивных, с устойчивым субстратом, в условиях гумидного, умеренного климата, с отрицательным балансом рыхлого материала; 3—гор, слабо растущих, низких (1200-1900 м), слабо дифференцированных в плане, с различным по устойчивости субстратом, в гумидном, умеренно-теплом климате, с различным балансом рыхлого материала; 4—гор, умеренно снижающихся, равновесных низких (1100-2000 м), дифференцированных в плане, на менее устойчивом субстрате, в условиях климата, аналогичного предыдущему, с различным балансом рыхлых; 5—плато, растущего, высокого (2400-2600 м), базальтового, с отрицательным балансом рыхлых; 6—границы формаций; 7—граница Восточного Саяна.

имеет закономерностей, оно древовидное; сложены хребты наиболее устойчивыми для Восточного Саяна породами: гнейсами архея, кварцитами, доломитами и известняками протерозоя, силурийскими эффузивами и палеозойскими батолитовыми интрузиями, причем они менее разгнейсованы, чем те, что входят в состав субстрата формации средних и низких гор. Породы смяты в складки под различными углами падения и в разной степени раздроблены. Вертикальное расчленение высокое: относительные и абсолютные высоты соотносятся как 1:2; однако в плане горы этого яруса представляют собой массивные, не дифференцированные образования; вершины хребтов узкие, гребневидные, изъеденные карами, склоны хребтов крутые, выпуклые или прямые, шлейфов у подножий не наблюдается; долины — только транспортирующие, террасы, преимущественно, цокольные. Накопления рыхлого материала не происходит, т.е. баланс рыхлых образований отрицательный. Формация развивается по неравновесному типу—«в», ведущему к интенсивному росту гор в условиях сочетания весьма устойчивого субстрата с умеренным климатом под незначительным влиянием современных, локально развитых, ледников.

Другим примером может служить — *формация слабо растущих низких гор*. К ней относятся Койское, Кутурчинское, Идарское, Пезинское и Манское Белогорья, а также Шиндинский хребет и западная часть хребта Крыжина. Хребты четко выражены, с преимущественным северо-западным простиранием, вершины их узкие и уплощенные, иногда — выпуклые; склоны, в основном, крутые и выпуклые. В состав субстрата входят палеозойские интрузии гранитов, диоритов, габбро протерозойские гнейсы, кристаллические сланцы и графитистые мраморы, значительную долю составляют осадочные породы: песчаники, конгломераты; шлейфы развиты слабо; мощности рыхлых незначительные. В отличие от каньонообразных, преимущественно, долин, развитых в пределах формации интенсивно растущих высоких гор, здесь они характеризуются своим приспособлением к размываемым породам, например, в местах развития девонских конгломератов или синийских известняков долины заметно расширяются, тогда как в местах пересечения кембрийских гранитов происходит резкое сужение их. В расширяющихся частях долин происходит накопление незначительных мощностей аллювия, т.е. баланс рыхлых отложений не на всей площади этой формации отрицательный. Развитие формации идет по неравновесному типу, ведущему к слабому росту гор при благоприятном климате и на различных по устойчивости, но, в общем, более податливых породах.

Еще один пример выделенной геоморфологической формации — *формация умеренно снижающихся (равновесных?) гор*. Она занимает гипсометрическое положение, аналогичное формации слабо растущих низких гор. По своей морфологии и направленности развития ее можно определить как низкое плоскогорье, так как она имеет мало четко выраженных хребтов и, в основном, характеризуется широкими и плоскими междуречьями с пологими верхними и крутыми нижними частями склонов. Сложены они наименее устойчивыми осадочными породами, а отдельные вершины представляют собой интрузивные массивы. Вертикальная расчлененность характеризуется соотношением относительных и абсолютных отметок как 1:3. Долины — широкие, с серией террас, с врезанными меандрами и аккумулятивным аллювиальным материалом. Баланс рыхлых, вероятно, можно определить как близкий к нейтральному, хотя в мелких впадинах он явно положительный. Тип развития этой формации, скорее всего, неравновесный, ведущий к умеренному снижению гор, обусловленный незначительным перевесом денудационной составляющей рельефообразования (благоприятный климат и слабо устойчивый субстрат).

Попытка определения геоморфологических формаций Восточного Саяна выполнена в мелком масштабе. При увеличении масштаба исследования до среднего или крупного выявление геоморфологических формаций, по-видимому, должно будет пойти по пути более дробного подразделения различных свойств компонентов, например, по более точному определению шкалы устойчивости субстрата, отдельных параметров климата, таких как режим осадков или величина снежного покрова, не по качественному, а по количественному подсчету баланса рыхлых отложений и т.д. Главным же критерием выделения геоморфологической формации, следует, по-видимому, считать ее свойства, аналогичные свойствам природно-территориального комплекса или сложной динамической системы, т.е. целостность природного объекта и степень его равновесия.

Таким образом, рассмотрение рельефа Восточного Саяна с точки зрения понятия «геоморфологическая формация», предложенного в 1964 г. Н.А.Флоренсовым, позволило, как нам представляется, увидеть природу ярусности гор в несколько ином свете. Один и тот же гипсометрический уровень оказался состоящим из разных геоморфологических формаций, которые разбиваются по двум типам неравновесного соотношения денудации и тектоники (на рис.2—это формации «3» и «4»). При формационном подходе к изучению рельефа более эффективно ис-

пользуется информация, заложенная в различных его морфологических и морфометрических характеристиках. Например, величина вертикального расчленения и дифференциация рельефа в плане обусловлены определенным соотношением тектоники и денудации, причем в денудационную составляющую рельефообразования включаются и свойства субстрата, и климатические условия изучаемого региона. Кроме того, при рассмотрении геоморфологической формации как сложной динамической системы учитываются не просто мощности рыхлых накоплений, а баланс их, т.е. соотношение возможного накопления, которое обеспечивается сочетанием степени устойчивости субстрата, климата и других компонентов, и выноса этих отложений.

Несмотря на то, что новый, формационный, подход к изучению рельефа, предлагаемый Н.А.Флоренсовым, носит постановочный характер, многие аспекты его еще не разработаны, он труден для введения в повседневную практику геоморфологических исследований, следует признать, что именно формационный подход позволит более полно выявить не только информативные свойства рельефа как системного объекта, но и направленность его развития. Возможно, что он сыграет главную роль в выборе критерия для геоморфологического районирования (Миляева, 1975).

## ЛИТЕРАТУРА

- Александрова Т.Д.* Внутригорные котловины. М., «Наука», 1972.
- Арманд Д.Л.* Основы метода балансов в физической географии.—Изв. ВГО», 1947, № 6.
- Арманд Д.Л., Преображенский В.С., Арманд А.Д.* Природные комплексы и современные методы их изучения.—«Изв. АН СССР, сер. геогр.», 1969, № 5.
- Берж К.* Теория графов и ее применение. М., Изд-во иностр.лит-ры, 1962.
- Калесник С.В.* Общие закономерности Земли. М., «Мысль», 1970.
- Кашменская О.В.* Поверхности выравнивания горных стран в связи с некоторыми современными проблемами геоморфологии.—В кн.: Поверхности выравнивания гор Сибири. Новосибирск, «Наука», 1971.
- Кашменская О.В.* О динамической классификации горной геоморфологической системы.—В кн.: Структурная геоморфология горных стран. М., «Наука», 1975.
- Кашменская О.В.* Поверхности выравнивания как часть горной геоморфологической системы.—В кн.: Проблемы экзогенного рельефообразования. Кн.2, М., «Наука», 1976.
- Миловидова Н.В.* Использование дерева логических возможностей при построении и контроле физико-географических классификаций.—«Изв. АН СССР, сер. геогр.», 1969, № 4.
- Миляева Л.С.* О некоторых критериях геоморфологического районирования горных стран.—В кн.: Проблемы геоморфологического картирования. Тезисы докл. на XII Пленуме ГК АН СССР, Ленинград, 1975.

Оре О. Графы и их применение. М., «Мир», 1965.

Преображенский В.С. Беседы о современной физической географии. М., «Наука», 1972.

Флоренсов Н.А. О некоторых общих понятиях в геоморфологии.—«Геология и геофизика», 1964, № 10.

Флоренсов Н.А. О геоморфологических формациях.—«Геоморфология», 1971, № 2.

Флоренсов Н.А. Геоморфологические формации.—В кн.: Проблемы эндогенного рельефообразования. М., «Наука», 1976.

Хворостова З.М. Формационный геоморфологический анализ Верхояно-Колымской горной области.—В кн.: Структурная геоморфология горных стран. Тезисы докл. на X Пленуме ГК АН СССР, Фрунзе, «Илим», 1973.

Хворостова З.М. О классификации рельефа при системном подходе в геоморфологическом картировании.—В кн.: Проблемы геоморфологического картирования. Тезисы докл. на XII Пленуме ГК АН СССР. Ленинград, 1975.

Хворостова З.М. О системном подходе к изучению геоморфологической формации.—В кн.: Проблемы геоморфологии и четвертичной геологии Северной Азии, Новосибирск, «Наука», 1976.

Хворостова З.М. Склоновые процессы и механизм образования поверхностей выравнивания.—В кн.: Проблемы экзогенного рельефообразования. Кн.2, М., «Наука», 1976.

## КАРТА ГУСТОТЫ РАСЧЛЕНЕНИЯ РЕЛЬЕФА ЮГА ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ РАВНИНЫ

За показатель густоты расчленения рельефа большинство исследователей принимают отношение суммарной длины всех суходолов и водотоков, измеренных в пределах рабочего квадрата, к его площади. Однако существует ряд методик определения густоты расчленения рельефа, основанных на других зависимостях. Так, А.К.Монахов (1975) предлагает определять густоту эрозионного расчленения как количество эрозионных форм на единицу площади. В.М.Чернин (1966) за показатель густоты расчленения для территорий с линейными эрозионными формами принимает среднюю ширину элементарного водосбора, получаемую по формуле:

$$\alpha = \frac{P}{L}$$

где  $P$ —площадь выделяемого ключевого участка;  $L$ —общая длина всех линейных форм в пределах участка.

Для территорий с озерным и западным расчленением тот же автор вычисляет коэффициент густоты расчленения по формуле:

$$\alpha = \frac{P}{K}$$

где  $K$ —количество озер и западин в пределах ключевого участка. В.А.Червяков, О.А.Киселева (1976) густоту эрозионной сети определяют с помощью палетки (круг с сеткой квадратов) путем подсчета числа пересечений вертикальных и горизонтальных линий сетки с тальвегами эрозионных форм.

Мы при составлении морфометрической карты густоты расчлененности рельефа на территории юга Западно-Сибирской равнины пользовались общепринятой зависимостью вида:

$$\Gamma = \frac{L}{P}$$

где  $\Gamma$ —средняя длина эрозионной сети на  $1 \text{ км}^2$ ;  $L$ —общая длина эрозионной сети в км;  $P$ —площадь участка, в пределах которого проводились измерения (в нашем случае —  $100 \text{ км}^2$ ).

В рамках рабочего квадрата с помощью курвиметра измерялись все суходолы и водотоки. При этом густота расчленения рельефа выражалась в единицах  $\text{км}/\text{км}^2$ . По полученным значениям проводились изолинии равного горизонтального расчленения рельефа по следующей шкале: до 0,1, 0,1-0,2, 0,2-0,4, 0,4-0,6, 0,6-0,8, 0,8-1,2 и более  $1,2 \text{ км}/\text{км}^2$ . Такая шкала наи-

более приемлема для равнинных территорий, так как позволяет выделить зоны с небольшими колебаниями значений густоты расчленения рельефа.

При составлении карты густоты расчленения не учитывалось озерно-западинное расчленение ввиду слабой эрозионной деятельности в этих местах, а также во избежание перегрузки содержания карты. Однако необходимо отметить, что в некоторых местах юга Западно-Сибирской равнины (Тобол-Ишимское междуречье, северо-восток Кокчетавской возвышенности) мелкие бесточные понижения играют значительную роль, так как к ним приурочены такие формы эрозионного рельефа, как промоины, овраги, небольшие речки, образующие, так называемый, центростремительный тип эрозионной сети.

Зоны наибольшего эрозионного расчленения рельефа—это долины рр. Тобол, Ишим, Иртыш, Обь. Склоны долин этих рек, как правило, покрыты густой сетью водоронн, оврагов, балок, причем расчлененность склонов к дну долин увеличивается (см. карту). Кроме этого при анализе карты следует отметить, что небольшие реки, такие как Вагай, Оша (притоки Иртыша), Суерь (приток Тобола), Тартас, Кама, Ича (притоки Оми) и ряд других накладывают свой отпечаток на общую картину современного эрозионного расчленения южных равнин Западной Сибири.

Значительную густоту расчленения испытывает рельеф севера Кокчетавской возвышенности — до  $0.4-0.6$  км/км<sup>2</sup>. В отдельных случаях расчленение рельефа возрастает до  $0.8$  км/км<sup>2</sup> —это, как правило, зоны бесточных понижений, заполненные озерами Теке, Селетытениз и другими, склоны которых прорезаны густой эрозионной сетью.

Водоразделы между реками Тобол-Ишим-Иртыш практически не имеют современной гидрографической сети. Горизонтальное расчленение этих территорий невелико и составляет в среднем до  $0.1$  км/км<sup>2</sup>, исключением являются северные части Тобол-Ишимского и Ишим-Иртышского междуречий. Здесь, наряду с участками малой расчлененности, отмечаются зоны эрозионного расчленения с показателями до  $0.8-1.2$  км/км<sup>2</sup>, приуроченные к правобережью Тобола, долинам рек Вагай и Ишим. Значительную густоту расчленения рельефа испытывает правобережье р.Иртыш между притоками Туй-Тара.

Обширные пространства Барабинской и Кулундинской степей практически лишены эрозионного расчленения рельефа, лишь иногда эта плоскоравнинность территории нарушается прорезывающими ее реками Каргат, Баган, Карасук, Бурла, Кулунда

и другими, впадающими в бесточные бассейны озер Чаны и Кулундинское.

Наиболее расчленена восточная часть Западно-Сибирской равнины. Здесь, на территории Приобского плато, широко представлены процессы водной эрозии, определяя горизонтальное расчленение рельефа показателями до  $0.8 \text{ км/км}^2$ . Территория плато пересекается густой сетью рек, часть которых приурочена к древним долинам стока, а также сетью промоин, оврагов, которые в длину составляют 3 и более км. Приобское плато испытывает значительный подъем над окружающим пространством степей центральной части юга Западно-Сибирской равнины, тем самым здесь наиболее активизированы процессы плоскостного смыва и размыва. Причем значительная часть рыхлого материала, сносимая водными потоками во время обильных дождей, которые не такая уж редкость в этих местах, и интенсивного снеготаяния, откладывается в руслах рек, тем самым ослабляя дренажность последних.

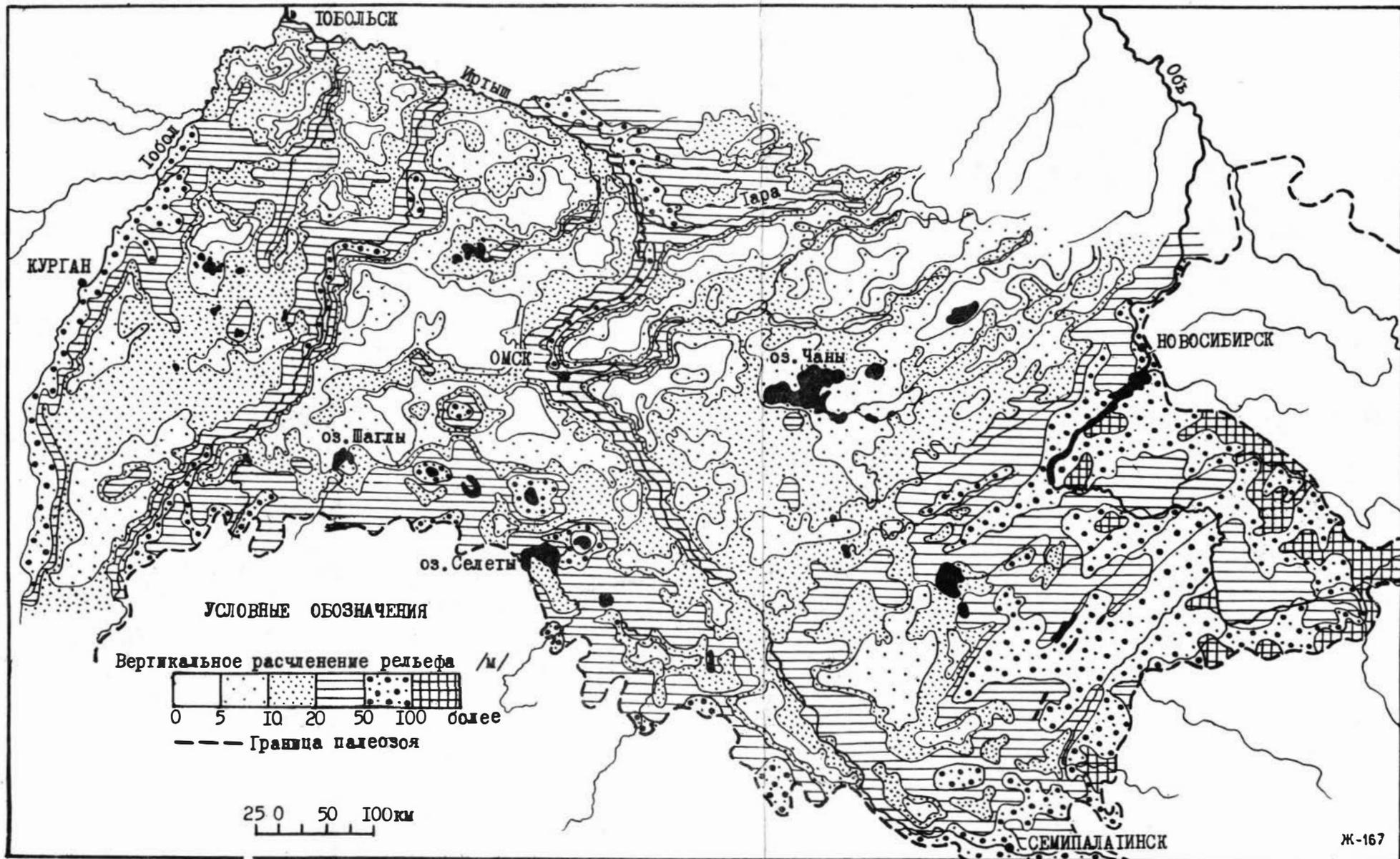
Еще в большей степени расчленена территория Бие-Чумышской возвышенности, на которой числовые показатели густоты расчленения рельефа составляют более  $1.2 \text{ км/км}^2$ . Эта часть южных равнин Западной Сибири наиболее подвержена процессам водной эрозии.

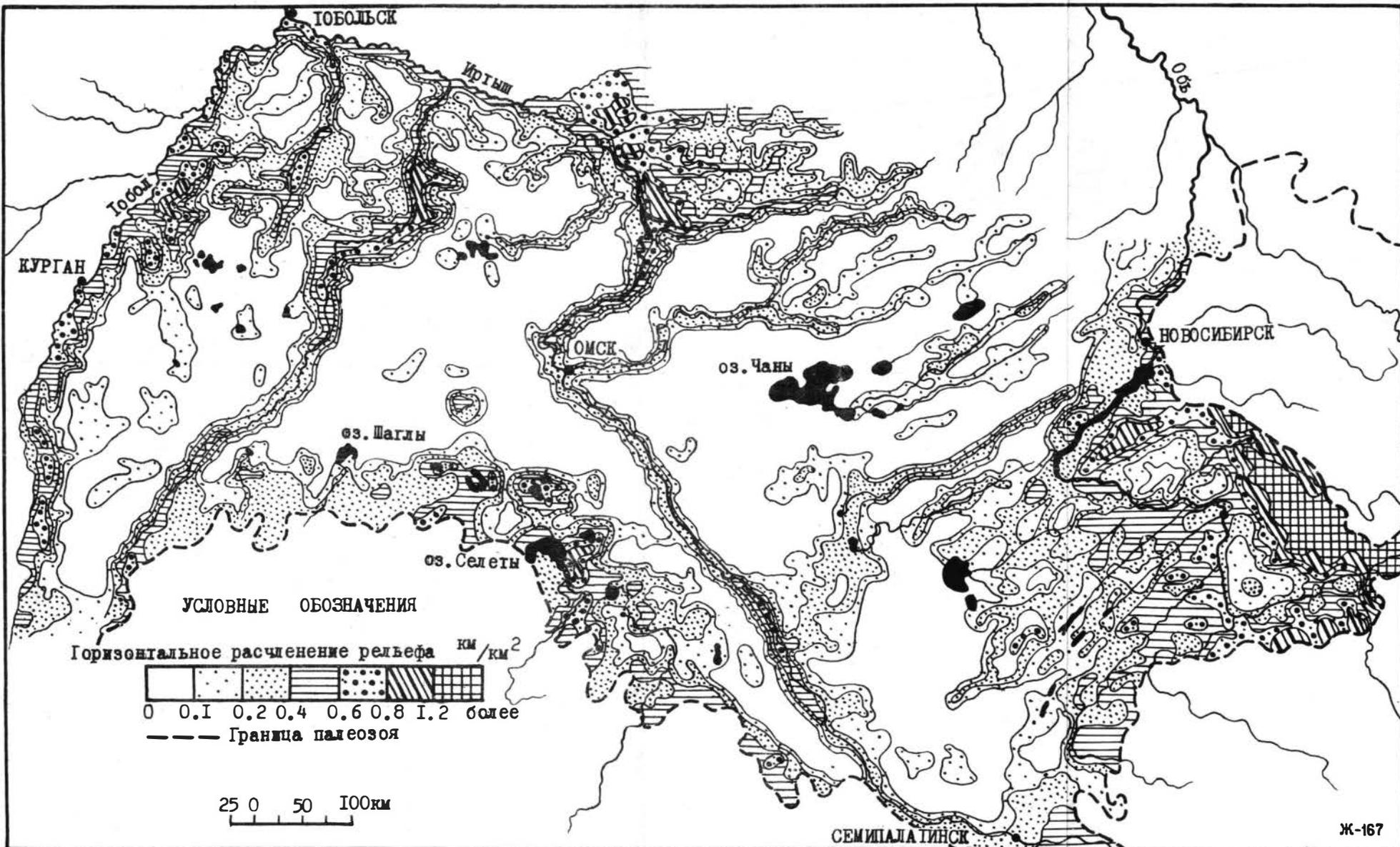
Используя морфометрические показатели рельефа как глубину, густоту расчленения и уклоны поверхности современного рельефа, можно наиболее точно провести эрозионное районирование территории, тем самым определив зоны, которые наиболее опасны в эрозионном отношении и на которых в первую очередь должны быть выполнены противоэрозионные мероприятия.

## ЛИТЕРАТУРА

- Монахов А.К. Зависимость густоты эрозионного расчленения от геологического строения в Центральном Казахстане.—«Геоморфология», 1975, № 1.
- Червяков В.А., Киселева О.А. О прогнозировании овражной эрозии с помощью карт полей плотности.—«Геодезия и картография», 1976, № 8.
- Чернин В.М. О методике составления мелкомасштабных морфометрических карт.—В кн.: Геодезия, картография и аэрофотосъемка. Межвед. респ. научно-тех. сб., вып.4, Львов. Изд-во ун-та, 1966.

КАРТА ГЛУБИНЫ РАСЧЛЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННОГО РЕЛЬЕФА ИТА ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ РАВНИНЫ





## КАРТА ГЛУБИНЫ РАСЧЛЕНЕНИЯ РЕЛЬЕФА ЮГА ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ РАВНИНЫ

Расчлененность современного рельефа характеризуется степенью изрезанности его эрозионной сетью и характером заложения горизонталей на топографической карте. Были попытки выражать расчлененность рельефа одним общим показателем, но, учитывая всю сложность, таким образом, отображения рельефа, расчлененность его, как правило, показывают с помощью двух характеристик: глубины и густоты расчленения.

При построении морфометрической карты вертикального расчленения рельефа на территорию юга Западно-Сибирской равнины мы в качестве исходного материала использовали топографические карты масштаба 1:100 000. Глубиной расчленения рельефа являлась относительная высота врезания долин в междуречные пространства, иначе, так называемые, местные базисы эрозии. Способ составления карты глубины расчленения рельефа был основан на использовании высотного обоснования исходных топографических карт и заключался в вычислении амплитуд высот рельефа местности. В пределах рабочего квадрата, а он составлял  $10 \times 10$  см в масштабе исходного картматериала, за показатель глубины расчленения принималась разница между отметками наивысшей точки водораздела и наименьшей точки долины. По полученным значениям, которые фиксировались на кальке с сетью точек, повторяющих центры рабочих квадратов, проводились изолинии равных глубин расчленения современного рельефа, аналогично проведению горизонталей на топографической карте. Для такой сравнительно равнинной территории, какой является юг Западно-Сибирской равнины, проведение изолиний равных местных базисов эрозии осуществлялось по следующей шкале: до 5 м, 5-10, 10-20, 20-50, 50-100 и более 100 м. Следует отметить, что точность составления морфометрической карты глубины расчленения таким способом обусловлена сечением рельефа на топографической карте и составляет для равнинного рельефа не более  $\pm 20$  м. Для целей морфометрического районирования такая точность вполне приемлема, так как относительные значения показателей глубины расчленения рельефа играют более важную роль, чем абсолютные.

На юге Западно-Сибирской равнины, имеющей сравнительно плоскоравнинный характер, можно выделить зоны аккумулятивных, денудационных и предгорных равнин, каждой из которых присущи свои морфометрические показатели.

Так, на междуречье Тобола и Ишима относительные высоты колеблются в пределах 10-20 м, лишь локальные участки имеют незначительные колебания до 5 м. Правобережье р.Тобол имеет большие местные базисы эрозии, что на морфометрической карте выражается зоной с колебанием относительных высот 50-100 м.

На севере Кокчетавской возвышенности глубины расчленения рельефа составляют 20-50 м. В сторону Ишим-Иртышского междуречья склоны возвышенности выполаживаются и переходят в обширную равнину, почти полностью лишенную современной сети долин. Поверхность ее столь слабо расчленена, что относительные превышения рельефа почти повсеместно составляют 2-3 м. Лишь иногда эта плоскоравнинность междуречья нарушается приуроченными к озерам понижениями, а в северной части кроме этого расчленяется немногочисленными притоками Ишима и Иртыша. Примерно в средней части территории Ишим-Иртышского междуречья расположен Камышловский лог, как бы разделяющий эту территорию на северную и южную и хорошо вырисовывающийся на морфометрической карте. Превышения дна лога над водораздельным пространством достигают 20 м. Он как бы соединяет долины рек Ишима и Иртыша. Местные базисы эрозии, приуроченные к долинам этих рек, составляют в среднем 50 м. Правобережье Иртыша между реками Туй-Тара, имея большие местные базисы эрозии до 100 м, значительно расчленено густой гидрографической сетью.

Довольно четко морфометрически вырисовывается долина р.Омь, имея глубину вреза до 50 м в нижнем, 20 м в среднем и порядка 10 м в верхнем течениях. Водораздел между реками Омь, Тартас, Иртыш, Тара плоскоравнинный, резко обрывающийся в сторону долин Иртыша и Тары, свидетельство тому сгущение изолиний.

На необъятных просторах Барабинской и Кулундинской степей колебания превышений рельефа составляют в основном 5-10 м, лишь зоны, примыкающие к Приобскому плато, более приподняты и тем самым имеют более значительную глубину расчленения рельефа, до 20 м. Особенно хорошо в пределах Барабинской низменности, юго-западнее оз.Чаны, а также в месте слияния рек Омь и Тартас, отображаются морфометрические зоны распространения гривного рельефа, охваченные изолинией 10-20 м. Относительные высоты грив на южных равнинах Западной Сибири в основном составляют 4-6 м, иногда достигая Западно-Сибирской равнины, имеют ограниченное распространение. Так, по данным В.А.Николаева (1976), площадь

гивного рельефа на территории Новосибирской области составляет 19.1% от общей территории области. В других областях юга Западно-Сибирской равнины формы гивного рельефа занимают еще меньше по площади пространства, либо вообще отсутствуют. Однако в свете вопросов большой мелиорации южных равнин Западной Сибири знание распространения гивного рельефа, его морфометрических характеристик просто необходимо.

Плоскоравнинность территорий западной и центральной частей юга Западно-Сибирской равнины благоприятствует развитию на этих огромных пространствах процессов дефляции, в результате которых формируются эоловые формы рельефа.

Совершенно противоположную картину представляет собой восточная часть южных равнин Западной Сибири, где территория значительно приподнята. Здесь, на территории Приобского плато, Бие-Чумышской возвышенности, преобладают значительные относительные превышения водоразделов над днищами долин, составляя повсеместно 50-100 м. Есть участки на Обь-Чумышском междуречье, где колебания относительных высот достигают значения в 150 м. В основном, большие местные базы эрозии приурочены к магистральным рекам юга Западно-Сибирской равнины, таким как: Тобол, Ишим, Иртыш, Обь.

В общем, вся территория вдоль восточной и южной границ юга Западно-Сибирской равнины имеет значительные местные базы эрозии (зона предгорных равнин). На этой площади должна быть выделена зона склонового земледелия, совершенно отличающаяся в агротехническом отношении от сельскохозяйственного освоения степных плоскоравнинных районов.

Для территорий со значительными величинами глубины расчленения рельефа характерны процессы водной эрозии, приводящие к смыву почв, размыву и аккумуляции, образованию оврагов, площади под которыми вообще выбывают из сельскохозяйственного использования и т.д.

Использование карты глубины расчленения рельефа, кроме как для геоморфологического и эрозионного районирования, может, в некоторой степени, определять положение прадолин рек, праозерных понижений. Так, например, анализируя составленную карту, можно предположить, что оз.Чаны в прошлом при большей водности, чем современные Чаны, занимало более значительную площадь, предположительно охваченную изолинией 5-10 м. Используя данные карт глубины и густоты расчленения рельефа, можно также определять значения новейшего поднятия территории. Следует отметить, что эти подсчеты дол-

жны выполняться для участков с сильной расчлененностью (Ананьев, 1966).

Зная морфометрические показатели рельефа, мы можем более правильно провести работы по освоению земель, по предотвращению вредных явлений эрозии, а следовательно, сэкономить значительные средства, предназначенные для их ликвидации в условиях все более усиливающегося влияния человека на природную среду.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Ананьев Г.С.* Связь показателей глубины и густоты расчленения рельефа с проявлением новейшей тектоники.—«Вестн. Моск. ун-та», 1966, вып.4.  
*Николаев В.А.* Рельеф и мелиорация равнин Сибири и Дальнего востока.—В кн.: Проблемы прикладной геоморфологии. М., «Наука», 1976.

## ЭРОЗИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ И ВОПРОСЫ ОХРАНЫ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ НОВОСИБИРСКОГО ПРИОБЬЯ

Водная эрозия почв в Новосибирском Приобье наиболее широко распространена в районах с сильно расчлененным рельефом и значительной общей распаханностью территории. Основными факторами, влияющими на развитие водной эрозии, являются климатические, почвенные, растительные и рельефные условия, а также способы хозяйственного использования земель.

Все возрастающая в наши дни интенсивность использования земельных ресурсов хорошо прослеживается из таблицы 1, где приведено соотношение сельскохозяйственных угодий земельного баланса по всем 8 административным районам Новосибирского Приобья на 01.11.77.

Из общей площади 29281 км<sup>2</sup> Новосибирского Приобья пашни составляют 35%, леса—34%, сенокосы и пастбища—21%. Наибольший процент распаханности на территории района исследования в Черепановском районе—55%, наименьший—в Маслянинском—21%, где леса занимают около 57%.

В почвенно-климатическом отношении Новосибирское При-

Таблица I

Административные районы	Общая площадь, га	Площадь пашни, га	Площадь сенокосов, га	Площадь пастбищ, га	Площадь лесов, га	Площадь лесопосадок, га
1	2	3	4	5	6	7
Болотнинский	337399	103577	50313	29805	122664	370
Мошковский	259183	91458	39367	25752	73896	301
Тогучинский	604071	215665	65408	87874	197953	770
Искитимский	442931	189645	34975	54180	116485	1560
Новосибирский (правобережная часть)	170066	45586	10452	15219	35536	438
Маслянинский	345332	72233	33529	30358	196357	49
Черепановский	294582	163267	11269	41878	56708	1175
Сузунский	474562	135138	39678	45388	209537	515

объе относится к числу районов с благоприятными для сельскохозяйственного производства территориями дренированной лесостепи. Здесь распространены наиболее плодородные почвы — черноземы (оподзоленные, выщелоченные, обыкновенные) и серые лесные почвы, в пределах Салаира — глубокооподзоленные почвы.

Однако следует отметить, что плодородие почв рассматриваемой территории в последнее время стало снижаться, что объясняется интенсивным развитием процессов водной эрозии — смыва и размыва поверхностного слоя почв. Значительное воздействие на интенсивность эрозионных процессов оказывает характер использования склоновых земель. Известно, что склоны, закрепленные древесной, кустарниковой и травянистой растительностью, в меньшей степени подвержены плоскостному смыву. Смыв наиболее интенсивно проявляется на пахотных угодьях, особенно при неправильной обработке склоновых земель и не всегда продуманной структуре посевных площадей.

В процессе длительного сельскохозяйственного использования почвы постепенно изменяют свои свойства, особенно заметны изменения в верхнем, пахотном слое, который ежегодно подвергается механическим обработкам и смыву.

В почвах, расположенных на ровных приводораздельных участках, эти изменения, в основном, связаны с механическими обработками и выносом питательных веществ с урожаем.

Совершенно иная картина на распаханых склонах, где почва под воздействием стока талых и ливневых вод теряет часть своего профиля (причем самую плодородную). На смытых почвах понижается плодородие и урожайность сельскохозяйственных культур.

Естественная эрозия почв на территории Новосибирского Приобья развита на всех склоновых землях, но на склонах южной экспозиции она более интенсивна. Это определено климатическими факторами: малыми запасами снега, который в зимнее время сдувается преобладающими в это время южными и юго-западными ветрами. Из-за меньшей мощности снежного покрова эти склоны промерзают на большую глубину, а при интенсивном весеннем таянии снега на них происходит более значительный смыв и размыв. Если еще эти склоны распаханы, то эрозионные процессы резко активизируются.

Следует отметить, что склоны южной экспозиции в настоящее время распаханы больше других, так как они раньше освобождаются от снега, быстрее прогреваются, на них более продолжительный вегетационный период. Значительная распа-

ханность склоновых земель Новосибирского Приобья побудила нас дать характеристику крутизны склонов и степень их распаханности.

Район исследования относится к лесостепной зоне склонового земледелия, подверженной интенсивным эрозионным процессам. В Новосибирском Приобье (на 01.11.77) площадь пашни с уклонами до  $1^\circ$  составляет 317,6 тыс.га, от  $1$  до  $3^\circ$ —198,1 тыс.га, от  $3$  до  $5^\circ$ —267,2 тыс.га, от  $5$  до  $7^\circ$ —114,7 тыс.га, от  $7$  до  $10^\circ$ —102,1 тыс.га и 18 тыс.га пашни расположено на склонах крутизной более  $10^\circ$ . Площадь оврагов—15,2 тыс.га, протяженностью 4,7 тыс.км. По данным А.Д.Орлова (1971), площадь смытых почв составляет около 175,6 тыс.га.

Наибольшие площади смытых почв в Сузунском, Маслянинском и Искитимском районах, наименьшие—на территории Тогучинского, Болотнинского и Мошковского. Смыв почв в Сузунском районе вызван механическим составом почв, а в Маслянинском—крутизной склонов.

В результате анализа морфометрических показателей современного рельефа на территории Новосибирского Приобья нами были выделены четыре района проявления современной водной эрозии:

1. Слабо расчлененный с отсутствием смыва почв и слабым развитием овражной эрозии;
2. Средне расчлененный со значительным смывом и развитием овражной эрозии;
3. Значительно расчлененный с сильным смывом и развитием овражной эрозии;
4. Сильно расчлененный, весьма сильного смыва и слабого развития овражной эрозии.

*К первому району* отнесена долина Оби и восточная часть Северо-Кузнецкой равнины. Обские террасы имеют двурусное строение с отчетливо выраженным горизонтом русловых супесчаных осадков—внизу и суглинистых—вверху. Долина Оби относится к районам боровых террас с отсутствием смыва и локальным развитием овражной эрозии. Общая распаханность долины Оби незначительна, преобладает в пригородных зонах Новосибирска и Бердска. В Восточной части Северо-Кузнецкой равнины слабое горизонтальное и вертикальное расчленение обусловило изменения в строении склонов и соотношении площадей водоразделов и склонов. Площадь земель с уклонами до  $1^\circ$  в этом районе составляет около 60% территории, значительна и доля склонов с уклонами от  $1$  до  $3^\circ$ . Около 25% площади пашни района расположено на склонах с крутизной  $1-3^\circ$ , а на склонах

круче 3°—около 5<sup>0</sup>/<sub>0</sub>, остальная пашня располагается на склонах с уклонами до 1°—около 70<sup>0</sup>/<sub>0</sub>. Отсюда эрозионная опасность рельефа этой территории незначительная.

*Второй район* охватывает территории Сокурской и Черепановской равнин с максимальными отметками 250-300 м, сложной системой овражно-балочной сети, где преобладают склоны с уклонами от 3 до 5°, а в придолинных частях Ини и Берди крутизна склонов южной, юго-западной и юго-восточной экспозиций изменяется от 5 до 10°. Только приводораздельные участки более пологие и менее подвержены смыву почв и овражной эрозии. Максимальная на территории района исследования распаханность склонов южной и близкой к ней экспозиций в Черепановском, Мошковском и Тогучинском районах обусловлена плановым расположением реки Ини (с востока на запад) и благоприятными почвенно-климатическими условиями. Значительная распаханность склонов при их большой крутизне ведет к интенсивному смыву наиболее плодородного верхнего горизонта почв. Сохранение плодородия почв настоятельно требует урегулирования поверхностного склонового стока, охраны естественнорастительного покрова склоновых земель, обработки их только с соблюдением всех агротехнических мероприятий (обработка почв и посев поперек склона в настоящее время признаны обязательными приемами в эрозионноопасных районах).

*Районы со значительным расчленением, сильным смывом и развитием овражной эрозии* приурочены к долинам Берди и Ини, Присалаирской и Караканской равнинам. На большей части перечисленных геоморфологических районов абсолютные высоты колеблются в пределах 240-280 м, на большей части территории речные долины врезаются на глубину 50-100 м, крутизна склонов изменяется от 3 до 5° (40<sup>0</sup>/<sub>0</sub>), от 5 до 10° (60<sup>0</sup>/<sub>0</sub>).

Склоны по своему строению разнообразны—южной и юго-восточной экспозиций более крутые. На склонах крутизной 3-5° расположено около 50<sup>0</sup>/<sub>0</sub> пашни, а с уклонами более 5°—20<sup>0</sup>/<sub>0</sub> пашни. Около трети всей пашни в этой зоне расположено на ровных водораздельных участках, либо на склонах крутизной 1-3°. Большая часть площади пашни на склонах крутизной от 3 до 5° (70<sup>0</sup>/<sub>0</sub>) требует применения противоэрозионных мероприятий.

*К четвертому району* сильного расчленения, весьма сильного смыва и слабого развития овражной эрозии отнесены Салаирский кряж, Буготакская холмистая равнина и северо-восток Присалаирской равнины. Эти районы характеризуются

максимальными величинами горизонтального и вертикального расчленения, наибольшей крутизной склонов Новосибирского Приобья. Склоны сложные, прямые, выпуклые, крутизна водораздельных склонов достигает  $10^\circ$ , длина их нередко превышает 1000 м. Водораздельные участки занимают не более 30% территории, общая распаханность земель около 20%, леса занимают 50-55%, а остальная часть территории находится под сенокосами и пастбищами. Смыв почв очень сильный, особенно на пашне, смытые почвы в отдельных местах занимают до 50% пашни.

Овражная эрозия развита незначительно, овраги встречаются главным образом вдоль дорог, в местах интенсивной вырубки лесов по крутым склонам.

Охрана почв от водной эрозии в настоящее время стала общегосударственной задачей. Успешная защита почв от водной эрозии возможна лишь при комплексном применении организационно-хозяйственных, агротехнических, лесомелиоративных и гидротехнических противоэрозионных мероприятий. Первоочередной задачей в районах действия водной эрозии является противоэрозионная организация территории — выбор методов и средств борьбы с водной эрозией. При разработке комплекса мер по защите почв от водной эрозии главное внимание необходимо уделять задержанию и дальнейшему использованию вод поверхностного стока (весенних талых вод, летних дождей, особенно ливневых).

Способ обработки почв определяется не только для каждого водораздела в целом, но и для каждого отдельно взятого склона. На полях, где несколько склонов, вводится контурная обработка и обработка по горизонталям. На пахотных землях, подверженных средней эрозии, для охраны почв и регулирования поверхностного стока вводятся почвозащитные севообороты, исключаются из посевов пропашные культуры. Обработку почвы и посев следует проводить поперек склона, предпочтение отдавать глубоким безотвальным обработкам с оставлением стерни и стерневых полос. Глубокая вспашка с почвоуглублением не только предотвращает смыв и размыв почвы, но и способствует повышению урожайности. Особенно эффективна бывает вспашка с почвоуглублением на смытых склонах южной экспозиции.

В комплексе противоэрозионных мероприятий большое значение имеет защитное лесоразведение, которое сокращает сток и смыв на склоновых землях. В настоящее время площадь лесопосадок в Новосибирском Приобье очень мала, что видно из таблицы 1.

В зависимости от крутизны склонов водорегулирующие лесополосы имеют различное число рядов и преобладающие породы деревьев и кустарников. Для закрепления действующих оврагов необходимо создавать приовражные полосы, плотные по конструкции, состоящие из главных, сопутствующих и кустарниковых пород с мощной корневой системой.

Простейшие гидротехнические сооружения—водозадерживающие валы, водоотводящие каналы и другие—применяются в тех случаях, когда агротехнические и лесомелиоративные мероприятия не обеспечивают необходимых мер защиты почв от водной эрозии. Размещение водозадерживающих валов осуществляется параллельно горизонталям из расчета полного задержания ливневого стока как наиболее разрушительного. Размещение валов на водосборе должно осуществляться с учетом обеспечения наибольшего противоэрозионного эффекта и наименьшего использования для них пахотных земель. Гидротехнические сооружения (быстроходы, ступенчатые и консольные перепады) должны обеспечивать задержание стока воды на водосборе для исключения возможности образования водных потоков, вызывающих размыв почв. Все перечисленные противоэрозионные мероприятия будут тогда эффективны, когда они применяются в комплексе.

Проведенные исследования показывают, что на территории Новосибирского Приобья широко развиты процессы смыва и овражной эрозии. К настоящему времени в распашку вовлечены все незалесенные водораздельные участки, поэтому резервом увеличения пахотного клина могут быть только склоновые земли, чаще склоны южной экспозиции. Прежде, чем вовлекать новые склоновые земли в сельскохозяйственное производство, необходимо выполнить противоэрозионную организацию территории, лесомелиоративные и гидротехнические работы. И только после соответствующей подготовки площадей подвергать их сельскохозяйственной обработке. Необходимо иметь в виду, что неправильное использование склоновых земель наносит большой вред природе, земельным ресурсам Новосибирского Приобья. Усилия специалистов сельского хозяйства должны быть направлены на сохранение и улучшение существующего пахотного клина. Это может быть достигнуто только при проведении комплекса противоэрозионных мероприятий.

## ЛИТЕРАТУРА

- Воскресенский С.С.* Геоморфология Сибири. М., Изд-во ун-та, 1962.
- Николаев В.А.* Рельеф и мелиоративное районирование южных равнин Западной Сибири.—В кн.: История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 1976.
- Орлов А.Д.* Водная эрозия почв Новосибирского Приобья. Новосибирск, «Наука», 1971.
- Водная эрозия почв в Сибири. Отв. ред. *Ковалев Р.В.* Новосибирск, «Наука», 1975.
- Эродированные почвы Сибири и пути повышения их производительности. Отв. ред. *Ковалев Р.В.* Новосибирск, «Наука», 1977.
- Сметанин В.С.* Водная эрозия почв в Западной Сибири. Новосибирск, 1972.

## СОЧЕТАНИЕ ДИСТАНЦИОННЫХ И НАЗЕМНЫХ МЕТОДОВ ПЛАНОВОЙ РЕСТАВРАЦИИ ЛОЖБИН СТОКА ЮЖНЫХ РАВНИН ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Изучение ложбин южных равнин Западной Сибири и других районов нашей страны приобрело большую актуальность в связи с интенсивной разработкой вопросов мелиорации сельскохозяйственных земель и обводнения засушливых районов.

Поскольку затруднительно определить наземными методами план и характеристики ложбин стока вследствие их значительной протяженности и сглаженности форм—тем больше, чем дальше продвижение на север (для Приобского плато),—большое значение для их плановой реставрации имеет сочетание наземных и дистанционных методов.

Дистанционные методы основываются на методах космической съемки и аэрофотосъемки.

Комплексный анализ материалов аэрофотосъемок, материалов картографического значения, а также материалов полевых геологических и геоморфологических экспедиций в сочетании с материалами космических съемок дает наиболее вероятностную картину изучаемого объекта земной поверхности, в частности, план ложбин стока. При этом исходным началом являются материалы космических съемок.

Высококачественные космические снимки (КС) и телевизионные космические снимки (ТВС) служат хорошим материалом для общего и регионального изучения плана ложбин стока (ЛС). Мелкомасштабность КС и ТВС позволяет прослеживать ЛС на всем протяжении, что является необходимым условием для изучения пространственных закономерностей, связанных с особенностями плана ЛС и сопровождающих их геоморфологических объектов.

Отображение некоторых ЛС ранее было предположительным, поскольку даже на топографических картах части их (особенно дельтовые) не отображаются, а небольшие площади, охватываемые отдельными листами этих карт, не позволяют проследить крупные сочетания и комплексы их форм.

Дешифрирование КС и ТВС дает возможность проследить пространственное положение ложбин стока и их конфигурацию, что допускает только один вариант их плана.

Анализ КС и ТВС с привлечением данных полевых обследований предполагает принципиально другой подход к изуче-

нию ЛС, особенно в местах, где они рельефно слабо выражены.

Общеизвестно, что современными методами с космических снимков снимается огромный объем информации, однако специфика самой космической съемки по сравнению с аэрофото-съемкой предопределяет значительную потерю информации, связанную с причинами природного и технического характера. Эти потери особенно ощутимы, когда связаны с определением высотных характеристик по восстанавливаемой на приборах стереоскопической модели местности.

В связи с этим ложбины стока не могут быть прослежены повсеместно на КС и ТВС по формам рельефа, особенно, в северной части Приобского плато. Поэтому анализ по их плану должен проводиться комплексно в сочетании с аэроснимками, топокартами и материалами полевых исследований, основываясь на дешифровочных признаках элементов местности, сопровождающих ЛС.

При этом процесс анализа должен разделяться на три взаимосвязанных этапа.

На первом этапе проводится изучение литературных и графических материалов по топографии, геологии, геоморфологии и ландшафту обследуемого района с целью выявления характеристик и дешифровочных признаков ЛС.

На втором этапе—дистанционные материалы сравниваются с топокартами, проводится фиксация основных компонентов ландшафта, сопровождающих ЛС, и фиксация дешифровочных признаков.

На третьем этапе анализа производится интерпретация по общеизвестным приемам дешифрования и структурно-геоморфологического анализа.

Такой комплексный анализ материалов прежде всего позволяет соизмерить информативность космического изображения с другими источниками для познания геоморфологической структуры исследуемого района, а также формы, плана, направленности ложбин стока, сопровождающую их растительность и др.

Изучение того или иного природного объекта по снимкам путем непосредственного дешифрирование зачастую затруднено из-за различия в изображении составляющих его компонентов. В этом случае наиболее целесообразно применить метод ландшафтной индикации, основанной на корреляционных зависимостях компонентов ландшафта.

Например, в качестве индикаторов для плановой реставрации ложбин стока могут выступать сообщества растительности отдельные виды растений, отдельные виды рельефа, гидрография.

На КС четко выступает ландшафтообразующая роль геоморфологического строения местности. Поэтому изучение корреляционных зависимостей геоморфологических объектов с элементами ландшафта имеет важное значение при дешифрировании компонентов ЛС.

Геометрические объекты опознаются на КС по прямым и косвенным признакам. Так как на КС даже крупные геоморфологические объекты изображаются целиком, то роль прямых признаков значительно повышается.

Такой прямой признак, как фототон, необходимо использовать с проведением некоторого дополнительного анализа, так как этот признак неустойчив под влиянием причин технического и природного характера (например, влажность).

Косвенные признаки (рельеф, гидросеть, растительность) геоморфологических объектов на КС четко выражаются, однако из-за особенностей КС происходит некоторое перераспределение их индикационной роли. Так, например, хвойные леса на Приобском плато не занимают значительных площадей, а приурочены к определенным зонам. На их территории почти черный тон изображения участков, покрытых хвойными лесами, отражает площадное развитие песчаных образований.

На КС в зонах сельскохозяйственного освоения четко видны поля, занятые различными культурами. Это играет важную индикационную роль при реставрации плана ЛС, так как позволяет наметить их границы (характерно для южной части Приобского плато).

Метод ландшафтной индикации был применен при дешифрировании ЛС по космическим фотоснимкам. Так, некоторые ЛС распознаны по прямым дешифровочным признакам—фототону, рисунку и текстуре фотоизображения. Другие обнаружены почти исключительно по ландшафтно-индикационным данным.

На космических снимках, так же и на мелкомасштабных аэроснимках, растительность дешифрируется дифференцированно крайне редко. В основном она создает на снимках оттенки фототона и структуру фотоизображения.

В связи с этим для плановой реставрации ЛС по космическим снимкам большое значение имеет выявление аномалий в фототоне или в структуре интегрированного фотоизображения растительности, так как план ЛС проявляется, прежде всего, в изменении растительного покрова.

Аномальное, резкое изменение фототона и рисунка изображения так или иначе служит отправной точкой для ландшафтно-индикационного анализа при реставрации плана ЛС.



Рис.1. Слияние Барнаульской и Касмалинской ложбин.  
1—грядовые пески; 2—овраги; 3—современные озера; 4—протоки; 5—болота.

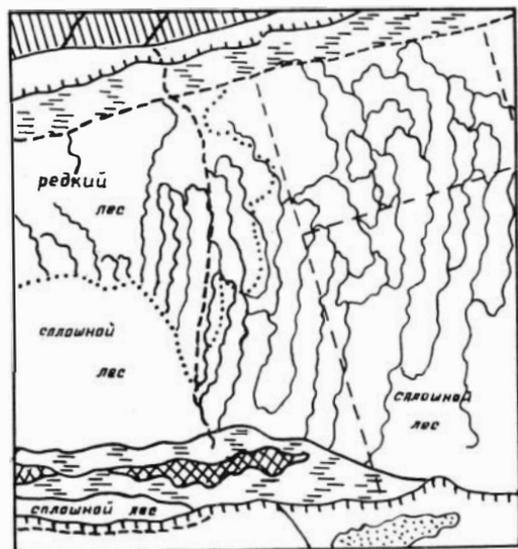


Рис.2. Грядовый рельеф русла Касмалинской ложбины.  
хозяйственные поля; 2—озера; 3—высохшие озера; 4—дороги; 5—просеки;  
6—дюны; 7—болота; 8—граница ЛС.

Методика дешифрирования по аэроснимкам достаточно освещена в литературе, анализ же космических фотоснимков является новым этапом дистанционного изучения ЛС. Дешифрирование ЛС на аэрофотоснимках базировалось на изучении прямых (форма, тон, взаимное расположение объектов) и косвенных (растительность, гидрографическая сеть, рельеф) признаков. Эти признаки сохраняются и при дешифрировании ЛС по космическим фотоснимкам, но их значимость изменяется, что обусловлено повышением обзорности и генерализации фотоизображения. На космическом снимке растительность и гидрография не только сохраняют роль основных индикаторов, но и выступают как доминирующие признаки.

В отличие от аэрофотоснимков на космических снимках распознавание ЛС ведется по принципу от общего к частному.

Так, на КС отчетливо выявляются формы ЛС, по характеру фотоизображения резко отличающиеся от межложбинного плато. Они представляют собой четко выраженные узкие полосы темного фона, расширяющиеся в дельтовых частях, в некоторых случаях сливающиеся в один массив темного фона (рис.1).

На увеличенных отпечатках КС тон фотоизображения позволяет судить о характере составляющих ЛС геоморфологических элементов. Так, грядовый рельеф днищ ЛС на КС отчетливо выделяется и однозначно идентифицируется по специфическим формам: барханам, грядам, буграм, их цепочкам и скоплениям, создающим характерную структуру фотоизображения. Это фотоизображение характеризуется полосчатым рисунком, обусловленным параллельными дюнами, поперечной к бортам ЛС ориентировки (рис.2).

Междюнные понижения на КС имеют вид узких черных полос, а дюны отличаются более светлым серым фототонном. Мелкобугристые и грядовые пески имеют зернистый и светло-серый тон фотоизображения (рис.3).

Часто фототон на КС не связан с индивидуальностью изображения объекта, а отражает определенную специфику природной среды. Так, например, в межложбинных частях плато сельскохозяйственные поля не только отличаются различным тоном, в зависимости от произрастающих культур, но и в зависимости от увлажненности, т.е. однородные геоморфологические объекты на влажной и сухой площадях имеют разное тоновое отображение. Озера с чистой водной поверхностью имеют серый умеренный тон с белой оторочкой незадернованного берега; озера, покрытые растительностью, имеют темно-серый тон; высохшие бассейны озер изображаются белым тоном на общем сером

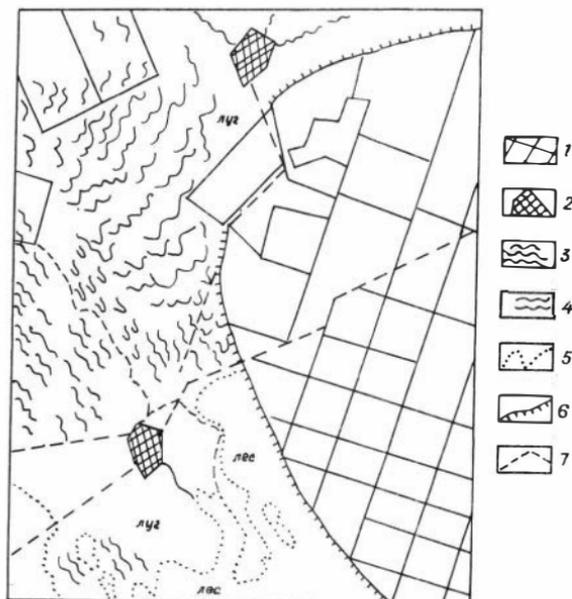


Рис.3. Рельеф дельтовой части Касмалинской ложбины.

1—сельскохозяйственные поля; 2—населенные пункты; 3—грядовые пески; 4—ячеистые пески;  
5—контур леса; 6—граница ЛС; 7—дороги.

фоне луговой растительности; частично заросшие озера изображаются темно-серым тоном с умеренно серыми пятнами открытой водной поверхности.

При этом замечено что озера овальной формы в большинстве заняты водной растительностью, а озера вытянутой формы свободны от нее—это позволяет утверждать, что озера овальной формы — бессточны, а вытянутой формы имеют сток в направлении общего уклона ложбин стока.

Возможности стереоскопического просмотра КС несколько ограничены, поэтому их визуальный анализ играет большую роль по сравнению с анализом аэрофотоснимков, так как резко возрастает значение геометрии контуров, зависящей от формы, размеров и взаимного расположения объектов. Для многих объектов, составляющих днища ложбин стока, характерен специфический контур. Так, для дельтовых частей ЛС характерен веерообразный рисунок, обусловленный чередованием останцов обтекания и междурусловых гривистых возвышенностей.

Чешуйчатый и полосчато-чешуйчатый рисунок, отражающий цепи и массивы барханов, а так же линейный рисунок полосчатых грядовых песков являются отличительными признаками песчаных образований.

Большая обзорность КС способствует лучшему выявлению общих закономерностей в плановых очертаниях ЛС и группировок форм рельефа, гидрографии, группировок видов растительности.

Растительность на КС играет существенную индикационную роль, но она резко меняет ранг анализируемого объекта. Так, если на аэрофотоснимках можно наблюдать одиночные деревья, кустарник, то на мелкомасштабных КС находят отражение лишь доминирующие растительные сообщества, создающие фон, резко контрастирующий по окраске.

Зависимость типа растительности от состава почв дниц ЛС, выражающаяся в изменении насыщенности тона фотоизображения, наблюдается при дешифрировании КС. Так, на песчаных отложениях ЛС растут хвойные леса, отличающиеся аномальным черным фототонем, а на глинистых и суглинистых почвах произрастают лиственные деревья, изображающиеся темносерым тоном.

На КС легко дешифрируются геоморфологические объекты, относящиеся к категориям «скрытых», которые с трудом обнаруживаются даже при целенаправленных наземных обследованиях. Так, например, веерообразный рисунок песчаных отложений в дельтовых частях ЛС четко наблюдается даже на площадях, выравненных при подготовке земель к сельскохозяйственному использованию, в то же время этого нельзя обнаружить при наземных наблюдениях и даже аэровизуальных.

Для плановой реставрации ложбин стока вод Приобского плато был проведен комплексный анализ различных материалов. При этом космические снимки на исследуемую территорию сопоставлялись с топографическими картами и с материалами полевых наблюдений (по опубликованным результатам полевых экспедиций).

Результаты дешифрирования КС показывают, что наиболее отчетливо дешифрируется общий контур ЛС (по резким аномалиям общего фототона), в то время как по топографическим картам с достоверностью удается наметить их контуры лишь в краевых частях. Формы ЛС на космических снимках проявляются в виде цепочек озерных котловин и западин, дно которых покрыто луговой, болотной растительностью или осинно-березовыми лесами, имеющими на снимках более светлый тон, чем

сухие сосновые боры, покрывающие большую часть днищ ложбин стока. При этом замечено, что ЛС имеют извилистую границу с межложбинным плато.

В северной части Приобского плато некоторые части ЛС находятся под лесами, что не мешает их дешифрированию по тем причинам, что ЛС подчеркиваются растительностью благодаря приуроченности осиновых и березовых лесов к междюнным понижениям и котловинам (на террасах), а сосновых боров к вершинам и крутым склонам дюн и гряд (на днищах). Там, где в составе древесных насаждений на больших площадях наблюдаются значительные примеси лиственных пород, дешифрирование по КС затруднительно.

При дешифрировании КС замечено, что за общей границей древесной растительности ложбин стока имеются отдельно стоящие деревья и группы деревьев, их местоположение в совокупности говорит в пользу мнения, что растительность по ложбинам стока занимала значительно большие площади, однако уничтожена в результате деятельности человека. Уничтожение древесной растительности и распашка склонов ЛС привели к возникновению все более распространяющейся эрозии почв. Это подтверждается наличием на склонах ЛС оврагов и промоин, а также большим количеством светлых пятен (по фототону) зарождающейся эрозии.

Очевидно, необходимо восстановление растительности до границ бывшего распространения с целью предотвращения эрозии почв и сохранения земель.

По исследованным КС в ложбинах стока дешифрируются крупные дюны, комплексные дюнные цепи в виде темных полос на светлом фоне, ориентировка последних не всегда следует параллельно бортам ложбин. В ряде мест на нижних поверхностях террасированных склонов Карасукской и Нижне-Кулундинской ЛС хорошо читается гривный рельеф.

По КС замечено, что часто широкие «заливы» террас вносятся в плато, и всегда в этих местах можно наблюдать широкие плоские понижения, занятые болотами и озерами. При рассмотрении КС на фотограмметрических приборах замечено, что наиболее сильно расчленена ложбинами стока и современной долинно-болотной сетью бассейна рек Кулундинского озера центральная (наиболее пониженная) часть Приобского плато. Ложбины здесь образуются из системы обширных плоских понижений, занятых лесами и болотами или солончаковыми комплексами. К югу от Кулундинской впадины поверхность имеет несколько иной характер. Это область распространения песков.

Пески протягиваются широкими полосами с северо-востока на юго-запад. При этом площадь песков по направлению к юго-западу сильно расширяется и сливается в единый большой массив, языки которого образуют широкий веер. Это область дельт ложбин стока. В том же направлении вытянуты озера, образующие цепочки, дугообразно изгибающиеся подобно речным излучинам. Иногда соседние цепочки сливаются в одну, более крупную, отчего количество цепочек уменьшается, зато сами озера становятся также более крупными. Непрерывные цепочки они составляют в юго-западной половине почти всех ложбин.

На основе анализа космических снимков, телевизионных снимков топокарт и подтверждающих материалов полевых экспедиций на Приобском плато уверенно выделяются следующие ложбины стока: Камышинская, Нижне-Кулундинская, Ануйская, Чарышская, Порозихинская, Алейская, Барнаульская, Касмалинская, Верхне-Кулундинская, Черемшанская, Суевинская, Бурлинская, Карасукская.

По растительности, рельефу, дешифровочным признакам ложбины стока можно разделить на три зоны: Северную, Центральную, Южную.

Таким образом, в результате комплексного анализа материалов установлено, что сочетание дистанционных и наземных методов позволяет наиболее полно использовать имеющуюся в настоящее время информацию для плановой реставрации ложбин стока вод. Это же позволило наметить некоторые стороны связи характера фотоизображения и особенностей строения ложбин стока в разных зонах.

В процессе анализа выяснено, что телевизионные космические снимки могут быть использованы лишь как вспомогательный материал при установлении общего плана ЛС. Использование космических снимков дает возможность изучения генерализованной конфигурации ЛС, уточнения их плана, а так же установления связей их рельефа с другими компонентами окружающего ландшафта. При дешифрировании отдельных ЛС, различающихся по ландшафтным условиям, имеются некоторые особенности по применяемой методике. Так, при дешифрировании ЛС южной части Приобского плато (Касмалинская, Барнаульская, Алейская) большую роль играют прямые признаки (фототон и др.), а чем дальше продвижение на север, тем большее значение приобретают косвенные признаки (гидрография и др.)

Использование комплекса материалов в сочетании с космическими снимками не только уточняет план ложбин стока.

но и может быть источником знаний о связи их с другими компонентами природной среды, отправным пунктом дальнейших исследований по плановой реставрации скрытых участков ложбин стока и их использованию при решении определенных народнохозяйственных задач.

#### ЛИТЕРАТУРА

*Кравцова В.И., Кузина Т.В., Лютцау С.В.* Возможности применения космических фотоснимков и высотных аэрофотоснимков для дешифрирования золотого рельефа.—«Геоморфология», 1976, № 1.

*Москвитин А.И.* Происхождение рельефа степного Приобья.—«Изв. АН СССР, сер.геол.», 1952, № 2.

*Николаев В.А.* Геоморфологическое районирование Западно-Сибирской низменности.—«Труды ин-та геологии и геофизики СО АН СССР», вып.27, 1962.

*Занин Г.В.* Геоморфология Алтайского края.—В кн.: Природное районирование Алтайского края. М., Изд-во АН СССР, 1958. Труды особой комплексной экспедиции по землям нового сельскохозяйственного освоения, том.1.

Природные условия центральной части Западно-Сибирской равнины. Под ред. *Г.В.Добровольского, Б.М.Сергеева и И.А.Герасимовой.* М., Изд-во ун-та, 1977.

## КАРТА УКЛОНОВ ПОВЕРХНОСТИ ЮГА ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ РАВНИНЫ

В различных областях науки и техники при геолого-геоморфологическом изучении территории и других исследованиях широко применяются морфометрические методы анализа современного рельефа. Морфометрический анализ рельефа может дать ценные сведения для выявления процессов эрозии и организации противоэрозионных мероприятий, поиска подземных вод, проведения геоморфологического и эрозионного районирования, изучения движений земной коры и т.д.

Для составления морфометрической карты могут быть использованы картографические материалы, аэрофотоснимки и в некоторых случаях материалы космических съемок. Применение космических снимков не всегда дает желаемые результаты вследствие ограниченного их использования, а также из-за метеорологических условий, когда большие площади съемки заняты облачностью, и малой разрешающей способности снимков (Николаевская, 1976).

Юг Западно-Сибирской равнины является одним из основных поставщиков сельскохозяйственной продукции. В состав этой территории входят две основные земледельческие зоны: зона каштановых черноземов и нечерноземья. Для каждой из этих зон работы, проводимые по освоению, мелиорации и использованию земель, должны быть специфичными. В свете решений ЦК КПСС об интенсивном использовании нечерноземной полосы, земли южных равнин Западной Сибири также должны быть включены в эту обширную программу освоения нечерноземья. Для правильного освоения и хозяйствования на этих землях поможет знание морфометрических показателей рельефа: уклонов поверхности, густоты и глубины расчленения рельефа. И очень жаль, что для такой огромной территории до сих пор не были проведены морфометрические исследования современного рельефа. Все это побудило нас выполнить эти исследования.

Нами была составлена карта уклонов земной поверхности юга Западно-Сибирской равнины. Территория исследования, составляющая около 700 тыс.км<sup>2</sup>, ограничена на западе р.Тобол и ее притоком р.Убаган, на севере граница проходит примерно по 57-58° с.ш.—это граница по субширотному отрезку р.Иртыш и далее по водоразделу между рр.Обь и Иртыш. На юге и

востоке граница совпадает с линией, отделяющей равнинную часть от предгорной.

Исходным материалом для составления карты уклонов поверхности служили топографические карты масштаба 1:100 000. В качестве рабочей площади, на которой проводились измерения, выбирался квадрат со стороной 10 см в масштабе карты, совпадающий с километровой сеткой. При определении уклонов поверхности использовалась шкала заложений горизонталей, помещенная на листах топографических карт. Эта шкала копировалась на восковку и перемещением ее по горизонталям получали значения уклонов для рабочих квадратов по следующей шкале:  $0^{\circ}$  -  $0,5^{\circ}$ ,  $0,5-1^{\circ}$ ,  $1-3^{\circ}$ ,  $3-5^{\circ}$ ,  $5-9^{\circ}$  и более  $9^{\circ}$ . Такие измерения уклонов поверхности основаны на функциональной зависимости выражающейся формулой:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{l},$$

где  $\alpha$  - уклон поверхности в градусах;  $h$  - высота сечения рельефа в м;  $l$  - заложение рельефа в м.

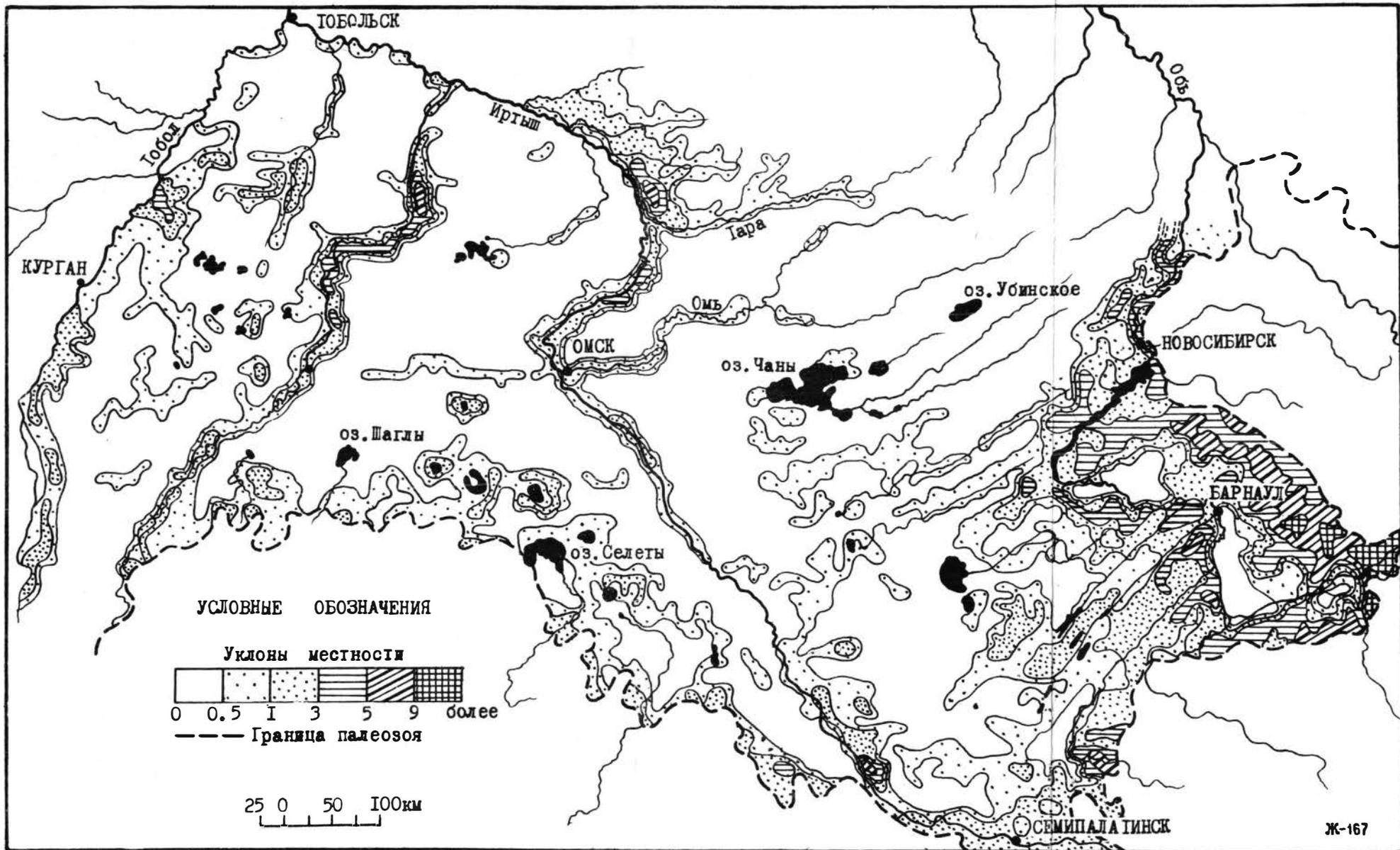
Полученные таким образом средние значения уклонов в пределах каждого рабочего квадрата относились к центрам этих квадратов, а затем проводились изолинии, соединяющие точки с равными уклонами. В результате выполненных работ мы здесь приводим карту уклонов поверхности современного рельефа на территории юга Западно-Сибирской равнины.

На данной территории можно выделить значительные пространства, практически не имеющие уклонов поверхности. Это площади, охваченные изолиниями до  $0^{\circ}30'$ . Поверхностный сток на них почти отсутствует. Эти поверхности в пределах юга Западно-Сибирской равнины имеют распространения как в низменных частях, так и на плоских водоразделах (см. карту). Такие плоские пространства расположены на водоразделах Тобол-Ишимского, Иртыш-Ишимского, Обь-Иртышского междуречий. На Обь-Иртышском междуречье поверхности с уклонами до  $0^{\circ}30'$ , занимая значительные территории Барабинской и Кулундинской степей, простираются до границ Приобского плато. В северной части исследуемой территории эти пространства, как правило, заболоченные и без предварительных ирригационных работ не доступны для освоения. В целом, поверхность междуречий Тобола, Ишима, Иртыша и Оби слабо наклонена к северу. Правильность этого уклона нарушается вблизи долин рек, а также в пределах Приобского плато и Бие-Чумышской возвышенности, которые значительно приподняты.

Так, например, уклоны поверхности в западной и центральной частях юга Западно-Сибирской равнины в основном приурочены к крупным транзитным рекам, таким как Тобол, Ишим, Иртыш и составляют в среднем 1-3°, однако есть участки, где уклоны возрастают до 5-9°. Это правобережье р.Ишим, севернее г.Ишим, Тара-Туйское правобережье р.Иртыш. Кроме этого, уклоны поверхности до 1-3° наблюдаются по склонам долин таких небольших рек, как Суерь (приток Тобола), Вагай, Оша, Шиш, Уй, Тара (притоки Иртыша), Баган, Бурла и ряда других. Наличие гривного рельефа южнее линии Курган-Петропавловск, а также в районе оз.Чаны наложило свой отпечаток на уклоны данных территорий. Достаточные уклоны до 3° имеют северные и северо-восточные склоны Кокчетавской возвышенности, выполаживаясь к северу и востоку. Углы наклона поверхности порядка 3° приурочены к бесточным понижениям на северо-востоке Кокчетавской возвышенности, занятыми озерами Киши-Карой, Теке, Селетытенгиз, Жалаулы и рядом других. Все эти территории в значительной степени подвержены процессам эрозии.

Восточная часть юга Западно-Сибирской равнины, обнимающая Приобское плато с прорезывающими его долинами древнего стока и Бие-Чумышскую возвышенность, имеет более значительные уклоны поверхности, чем западные и центральные пространства данной территории. Здесь углы наклона достигают 9°, а в некоторых местах доходят до 15-20°. Поверхность этих районов в большей степени подвержена процессам денудации. Отмечаются широко развитая гидрографическая сеть и активизация процессов водной эрозии. Территория должна быть отнесена к зоне наиболее опасной в эрозионном отношении. Причем уклоны в большей степени сказываются при эрозии грунтов с низкой противозэрозийной прочностью и в меньшей — при эрозии на более прочных грунтах. Значительные уклоны данной территории препятствуют хорошей проходимости сельскохозяйственной техники. В отличие от территорий Ишимской, Барабинской, Кулундинской степей, где уклоны измеряются минутами, в пределах предгорных равнин они измеряются градусами. Поэтому ясно, что, исходя из особенностей строения рельефа, здесь должен быть совершенно другой подход к сельскохозяйственному освоению этих земель. Учитывая все это, на территории юга Западно-Сибирской равнины можно выделить зону склонового земледелия (Николаев, 1976).

КАРТА УКЛОНОВ ПОВЕРХНОСТИ СОВРЕМЕННОГО РЕЛЬЕФА КГА ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ РАВНИНЫ



Составление карт уклонов поверхности совместно с другими картами (густоты, глубины расчленения рельефа) позволяет, кроме сказанного выше, выделить зоны распространения гряд, возвышенностей, низменностей и дать каждому участку свои числовые характеристики.

В заключение нужно сказать несколько слов о точности составления карт уклонов поверхности (это в полной мере относится и к составлению карт густоты и глубины расчленения рельефа).

Точность картоизмерительных работ зависит от размера рабочего квадрата, чем он меньше, тем точнее и ближе к естественной получается картина уклонов действительного рельефа. Однако резко увеличивается объем измерительных работ. Поэтому необходимо себе четко представлять, для каких целей составляется морфометрическая карта рельефа: либо для детального изучения района, и тогда площадь рабочего квадрата выбирается по возможности минимальной, либо в качестве обзорного картматериала, и тогда, увеличив площадь квадрата, мы в ущерб точности можем противопоставить оперативность создания той или иной морфометрической карты.

#### ЛИТЕРАТУРА

*Николаев В.А.* Рельеф и мелиорация южных равнин Сибири и Дальнего Востока.—В кн.: Проблемы прикладной геоморфологии. М., «Наука», 1976.

*Николаевская Е.М.* Возможности использования космических снимков для составления карт горизонтального расчленения.—«Геоморфология», 1976, № 4.

## СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД ПРИ ПРОГНОЗЕ И ПОИСКАХ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗОЛОТА

Системный подход к исследованию процессов морфогенеза, в основу которого, по нашему мнению, должно быть положено изучение баланса вещества в земной коре (см. статью автора в настоящем сборнике), является чрезвычайно благоприятной геоморфологической основой поисков россыпных месторождений. Бесконечные изменения во времени и пространстве балансов коровых масс, обусловленные разнообразием сочетаний неотектонических и денудационных (климатических, структурно-геологических, литологических) условий, приводит к огромному временному и пространственному разнообразию подсистем различных порядков внутри геоморфологической системы. Специфичный для каждой подсистемы баланс масс контролирует через динамику экзогенных процессов образование, транзит и накопление рыхлого материала и, следовательно, образование и эволюцию россыпей.

Основой для прогнозной (в ее геоморфологической части) оценки территории при поисках россыпей является решение двух вопросов: о величине эрозионно-денудационного среза, с чем связано количество металла, переведенного из рудного состояния в россыпное, и о характере баланса рыхлого материала, с которым связаны интенсивности накопления металла в россыпи и геоморфологический тип последней (Кашменская, Хворостова, 1965).

Анализ причин того или иного баланса коровых масс в пределах различных подсистем позволяет оценить сравнительную величину эрозионно-денудационного среза. Так, например, у сходных по высоте одновозрастных форм рельефа величина среза может быть различной: наибольшая у той, которая расположена в более благоприятных для денудации условиях. Равные же высоты объясняются сходством в балансах масс: большее удаление материала компенсировано большим тектоническим привносом.

Более правильной оценке среза способствует также понимание механизма взаимодействия внутренних и внешних сил рельефообразования. Так, низкогорье, фиксированное реликтами пенеплена (то есть возникшее при блоковой деформации исходной поверхности выравнивания), имеет при прочих равных условиях меньший срез, чем низкогорье, фиксированное ре-

ликтами педиплена, то есть поверхности более молодой, сопровождавшейся при своем образовании добавочным срезом. В том случае, если ярусы горного рельефа фиксированы реликтами педипленов разного возраста, максимальный срез будет в пределах самого низкого яруса, возникшего в результате деформации наиболее молодого педиплена. Для высокогорья характерен наименьший срез.

Методически неверно рассматривать россыпи как продукт лишь определенного тектонического режима (например, россыпи блоков поднятия) или режима денудационного (например, россыпи гумидной климатической зоны в пределах выхода нестойких к денудации пород). Оба режима имеют огромное значение и должны рассматриваться во взаимосвязи. Могут быть районы одинакового неотектонического развития, но если климат и геологическое строение их будут различны, это приведет к различию в балансах масс, а следовательно, и в характере россыпей. Точно также в районах сходных по условиям денудации, но разных по неотектоническому режиму, балансы коровых масс и рыхлого материала будут различны, и по-разному пойдет процесс образования и преобразования россыпей.

Следовательно, можно говорить лишь о россыпях различных динамических подсистем, которые в пределах горных стран меняются в пространстве и времени от энергично растущих (следствие резко положительного баланса масс в земной коре) до энергично снижающихся (следствие резко выраженного отрицательного баланса масс). При этом в подсистемах растущих гор и растущих (с отрицательным знаком) впадин определяющей в балансе масс земной коры является тектоническая составляющая, а баланс рыхлого материала обычно отрицательный (процесс идет с недонасыщением); в подсистемах равновесного развития денудационные и тектонические массы уравновешены, равно как и поступление и вынос масс рыхлого материала; в подсистемах снижающихся гор и заполняющихся впадин ведущая роль в балансе коровых масс принадлежит уже денудации, что приводит к положительному балансу рыхлого материала (процесс идет с перенасыщением), со всеми вытекающими для россыпеобразования последствиями. Рассмотрим кратко характер россыпеобразования в пределах различных динамических подсистем.

Для растущих гор характерна слабая интенсивность процессов образования россыпей. Крутые уклоны днищ и склонов рек уменьшают, а то и вовсе исключают возможность концентрации металла в россыпи. Крупнообломочный материал, не

успевший при быстром движении по склону разрушиться сколько-нибудь значительно, выносится за пределы подсистемы в виде слабо окатанного аллювия с неосвобожденным рудным золотом. В районах оледенения с этими территориями связано ледниковое выпахивание, что также отрицательно сказывается на россыпеобразовании. Разумеется, внутри группы подсистем растущих гор имеются различия в условиях концентрации россыпного металла. Наиболее благоприятны в этом плане слабо растущие низкие горы, где иногда могут образоваться небольшие россыпи.

В пределах равновесных гор процесс россыпеобразовании получает наиболее полное выражение. Сравнительно медленное движение обломочного материала по склонам способствует значительному его разрушению с освобождением золотин. Перестративная фаза развития долин с нормальным профилем равновесия и аллювием нормальной мощности благоприятствует формированию россыпей в пределах днищ долин. Неустойчивость состояния равновесия ведет к частому чередованию глубокой и боковой эрозии рек. Легко происходящие отклонения в сторону роста или разрушения гор приводят к образованию лестницы террас и террасовых россыпей. Активно действующие процессы вертикального переотложения способствуют концентрации металла на нижних уровнях рельефа. Наиболее благоприятны равновесные подсистемы низких гор, в которых добавляются благоприятные факторы большего среза (при разновозрастных уровнях) и более пологих профилей равновесия. Поиски и разведка россыпей довольно просты вследствие небольших, близких к нормальным, мощностей аллювия в долинах.

Современный процесс россыпеобразовании в пределах снижающихся гор (отрицательного баланса масс в земной коре) протекает слабо интенсивно в связи с разубоживанием россыпного металла по толщам отложений повышенной мощности. Если на данной территории имеются россыпи, сформированные при более благоприятных палеогеоморфологических условиях, то во время гороразрушения они превращаются в погребные, выявление и разведка которых затруднены вследствие значительных мощностей рыхлых отложений. В районах оледенения к этим районам приурочена ледниковая аккумуляция, что увеличивает трудности промышленного освоения территории.

Подсистемы растущих впадин, равно как и подсистемы заполняющихся впадин, не благоприятны для россыпеобразовании. Первые выполняются крупнообломочным материалом с невысвобожденным металлом, в пределах вторых — россыпной

металл разубоживается внутри отложений повышенной мощности.

Наконец, пенеплены также не особенно перспективны в россыпном отношении. Несмотря на благоприятный равновесный баланс масс в земной коре (с равновесными профилями днищ и склонов, перстративной фазой развития долин и т.д.), очень малый объем обменных масс в балансе рыхлого материала приводит к чрезвычайно медленному накоплению металла в россыпях. Кроме того, вместо линейной концентрации в долинах, свойственной горным системам, здесь наблюдается разубоживание россыпного металла по площади выположенных водоразделов и очень пологих склонов.

Величина и характер россыпей зависят от интенсивности и направленности формирующих их процессов не только в течение существования современных геоморфологических систем, но и в течение всех предшествующих палеосистем. Так, например, когда растущие горы приходят на смену пенеплену, то в начале, пока врезающиеся реки будут перерабатывать слабо золотоносные, но достаточно мощные коры выветривания, россыпеобразование будет идти очень интенсивно. Устойчивые же во времени подсистемы растущих гор практически бесперспективны. Если подсистеме растущей впадины предшествовал рельеф равновесных гор, мы вправе ожидать присутствие погребенных россыпей в пределах эрозионного рельефа днища впадины. Смена во времени заполняющейся впадины растущими горами может привести к линейной концентрации золота, рассеянного по отложениям впадины. Наибольшая россыпная перспективность территории равновесных гор также объясняется спецификой палеогеоморфологического развития. Дело в том, что неустойчивость баланса масс горной равновесной подсистемы приводит к частому отклонению его в положительную или отрицательную сторону. Для этого достаточно небольшого изменения в неотектоническом режиме, литологии или климате. Связанное с частой сменой палеосистем чередование динамических фаз развития долин приводит к образованию россыпей погребенных каньонов, а также многочисленных террасовых россыпей, которые при вертикальном переотложении металла обогащают россыпи нижних эрозионных уровней,

Сочетания современных геоморфологических систем с различными палеосистемами могут быть самыми разными. Так же велико разнообразие суммарных во времени результатов формирования россыпных месторождений. Исторический подход с выявлением периодов интенсивного или слабого накопления металла,

концентрации или разубоживания его, погребения или поднятия россыпей на более высокие уровни рельефа позволяет значительно точнее прогнозировать конечный результат эволюции — характер и геоморфологический тип россыпи, а также определять достаточно надежно направление поисково-разведочных работ в пределах различных геоморфологических подсистем.

#### ЛИТЕРАТУРА

*Кашменская О.В., Хворостова З.М.* Геоморфологический анализ при поисках россыпей (на примере эльгинского золотоносного района в верховьях Индигирки). Новосибирск, Изд-во СО АН СССР, 1965.

УДК 551.4

**Геоморфологические формации и пути рационального освоения и охраны земельных ресурсов южных равнин Западной Сибири.** Николаев В.А.—В кн.: Геоморфологические формации Сибири. Новосибирск, 1978.

В пределах южных равнин Западной Сибири выделяются три геоморфологические формации предгорных, аллювиальных и денудационных равнин на основании новейших данных о морфологии и истории развития рельефа, определяются пути их рационального хозяйственного освоения.

УДК 551.4

**К определению понятия «геоморфологические формации». Ближайшие задачи их изучения с применением элементов системного подхода.** Хворостова З.М.—В кн.: Геоморфологические формации Сибири. Новосибирск, 1978.

Прослеживается аналогия между геологическим и геоморфологическим формационными анализами и показывается, что существование различных геоморфологических формаций обусловлено изменением в пространстве показателя взаимодействия тектонического и климатического режимов новейшего времени. Предполагается, что деление земной коры на геоморфологические формации является выражением механизма, работающего на сохранение Земли как планетного тела в полях тяготения и солнечного излучения, в условиях вращения и самопроизвольного развития планетного вещества. Рассматриваются вопросы рациональности применения системного подхода при геоморфологическом формационном анализе и определяется место геоморфологии в этом исследовании. Ближайшей задачей является картирование геоморфологических формаций. Легенды серии разномасштабных карт должны строиться на основании классификаций, в разработке которых необходимо использовать: а) геоморфологический опыт учета энергетических характеристик геолого-географических процессов, соотнесенных с условиями динамических состояний природных систем; б) географический опыт изучения балансов обмена веществом и энергией. Обсуждаются перспективы применения при картировании материалов аэро-, высотной и космической съемок.

УДК 551.4

**О балансах масс в земной коре.** Кашменская О.В.—В кн.: Геоморфологические формации Сибири. Новосибирск, 1978.

Перемещение масс в земной коре тектоническими и денудационными силами рассматривается, как вещественное выражение процессов морфогенеза. Выделяется три типа балансов коровых масс: положительный, равновесный, отрицательный, определяющие морфологические и динамические особенности рельефа Земли. Делается попытка определения тектонической составляющей морфогенеза через доступные наблюдению рельеф и характер рыхлых отложений (баланс рыхлого материала). При этом обосновывается необходимость учета процессов саморегуляции и информационной памяти системы.

УДК 551.4

**К вопросу о классификации геоморфологической системы.** *Каишменская О.В.*—В кн.: Геоморфологические формации Сибири. Новосибирск, 1978.

Разрабатываются принципы классификации геоморфологической системы. Основанием деления служит характер баланса масс в земной коре, как овеществленный синтез внутренних и внешних сил рельефообразования. Предлагается несколько классификаций: гипсометрическая — по суммарному во времени балансу коровых масс, динамическая — по современному состоянию баланса масс эндогенного и экзогенного происхождения, а также классификации денудационной и тектонической составляющих морфогенеза.

УДК 551.4.01

**Методы тренд-анализа рельефа Восточной Якутии.** *Якименко Э.Л., Порядин В.С.*—В кн.: Геоморфологические формации Сибири. Новосибирск, 1978.

В статье осуществлено математическое сглаживание поля высот современного рельефа с помощью скользящего среднего и способом наименьших квадратов по программе «Тренд». Построены карты вершинной и базисной поверхностей тренда и разности между ними. При интерпретации вершинного и базисного трендов наметилась связь их с глубинным строением земной коры. Разность между вершинной и базисной поверхностями является показателем объема материала, находящегося в современном рельефообразовании и свидетельствует об энергии развития рельефа.

УДК 551.432

**Формационный анализ рельефа Восточного Саяна.** *Миляева Л.С.*—В кн.: Геоморфологические формации Сибири. Новосибирск, 1978.

В статье рассматривается рельеф как геоморфологическая формация. Проводится аналогия между геоморфологической формацией и природно-территориальным комплексом, а также ландшафтом, которые представляются сложными динамическими системами и изучаются физической географией. Предлагаются способы выделения геоморфологических формаций. Составлена схематическая карта геоморфологических формаций Восточного Саяна.

УДК 551.4 (571.1)

**Карта густоты расчленения рельефа юга Западно-Сибирской равнины.** *Гриценко А.Г.*—В кн.: Геоморфологические формации Сибири. Новосибирск, 1978.

Приводятся морфометрические показатели густоты расчленения рельефа для южных равнин Западной Сибири. Прилагается карта густоты эрозионной сети.

УДК 551.4(571.1)

**Карта глубины расчленения рельефа юга Западно-Сибирской равнины.** *Гриценко А.Г.*—В кн.: Геоморфологические формации Сибири. Новосибирск, 1978.

Даны величины местных базисов эрозии для основных геоморфологических районов Западной Сибири. Приводится карта расчленения рельефа.

УДК 551.4(571.1)

**Эрозионные процессы и вопросы охраны земельных ресурсов Новосибирского Приобья.** *Шевнин А.С.*—В кн.: Геоморфологические формации Сибири. Новосибирск, 1978.

В статье даны особенности проявления эрозионных процессов района и намечены пути рационального использования природных ресурсов Новосибирского Приобья.

УДК 551.4(571.1)

**Сочетание дистанционных и наземных методов плановой реставрации ложбин стока южных равнин Западной Сибири.** *Синельников Д.А.*—В кн.: Геоморфологические формации Сибири. Новосибирск, 1978.

Рассматривается методика плановой реставрации ложбин стока на основе комплексного анализа материалов космических съемок, аэрофотосъемок и материалов геолого-геоморфологических исследований. Даны некоторые особенности строения ложбин стока, связанные с характером фотоизображения.

УДК 551.4(571.1)

**Карта уклонов поверхности юга Западно-Сибирской равнины.** *Гриценко А.Г.*—В кн.: Геоморфологические формации Сибири. Новосибирск, 1978.

Кратко описана методика составления карты углов наклона земной поверхности. Приведены средние значения уклонов для поверхности южных равнин Западной Сибири. Прилагается карта уклонов.

УДК 551.4

**Системный подход при прогнозе и поисках россыпных месторождений золота.** *Кашменская О.В.*—В кн.: Геоморфологические формации Сибири. Новосибирск, 1978.

Рассматриваются принципы выделения геоморфологических подсистем различного динамического режима и характер образования и эволюции россыпей в их пределах.

## СО Д Е Р Ж А Н И Е

<b>Предисловие.</b>	3
<b>Николаев В.А.</b> Геоморфологические формации и пути рационального освоения и охраны земельных ресурсов южных равнин Западной Сибири.	8
<b>Хворостова З.М.</b> К определению понятия «геоморфологические формации». Ближайшие задачи их изучения с применением элементов системного подхода.	41
<b>Кашменская О.В.</b> О балансах масс в земной коре.	70
<b>Кашменская О.В.</b> К вопросу о классификации геоморфологической системы.	82
<b>Якименко Э.Л., Порядни В.С.</b> Методы тренд-анализа рельефа Восточной Якутии.	93
<b>Мняева Л.С.</b> Формационный анализ рельефа Восточного Саяна.	115
<b>Гриценко А.Г.</b> Карта густоты расчленения рельефа юга Западно-Сибирской равнины.	126
<b>Гриценко А.Г.</b> Карта глубины расчленения рельефа юга Западно-Сибирской равнины.	129
<b>Шевнин А.С.</b> Эрозионные процессы и вопросы охраны земельных ресурсов Новосибирского Приобья.	133
<b>Синельников Д.А.</b> Сочетание дистанционных и наземных методов плановой реставрации ложбин стока южных равнин Западной Сибири.	140
<b>Гриценко А.Г.</b> Карта уклонов поверхности юга Западно-Сибирской равнины.	150
<b>Кашменская О.В.</b> Системный подход при прогнозе и поисках россыпных месторождений золота.	154
<b>Рефераты.</b>	159

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ  
ФОРМАЦИИ СИБИРИ

Ответственный редактор *В.А.Николаев*

Технический редактор *Л.А.Жукова*

---

Подписано к печати 20.XI.1978 г. МН 00172  
Бумага 60×84/16. Печ.л. 10,25 + 2 вкл. Уч.-изд.л. 9,8  
Тираж 500. Заказ 422. Цена 1 р. 40 к.

---

Институт геологии и геофизики СО АН СССР  
Новосибирск, 90. Ротапринт.