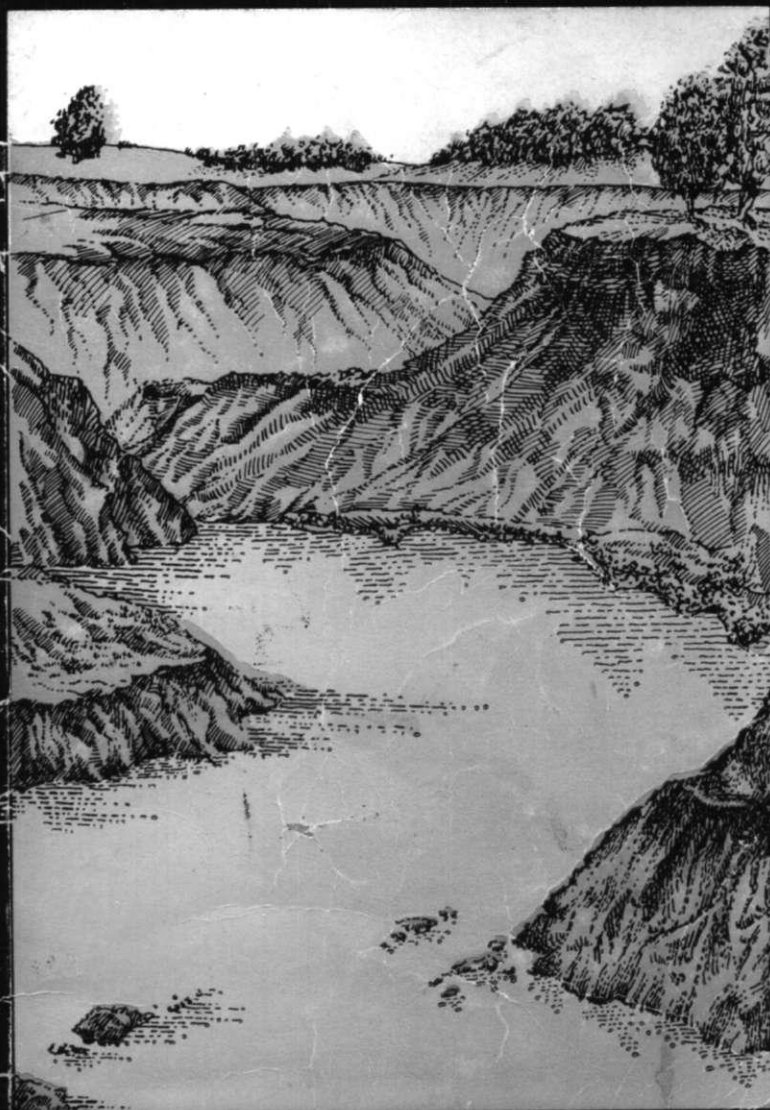


СОВРЕМЕННАЯ
ДИНАМИКА
РЕЛЬЕФА
БЕЛОРУССИИ



АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
Институт геохимии и геофизики

СОВРЕМЕННАЯ
ДИНАМИКА
РЕЛЬЕФА
БЕЛОРУССИИ



Минск
«Навука і тэхніка»
1991

УДК 551.43(476)

Авторы:

А.В.Матвеев, Л.А.Нечипоренко, А.И.Павловский, Г.И.Сачок,
В.П.Зерницкая, Э.А.Крутоус, Л.А.Мастюлин, Н.А.Махнач,
Г.И.Симакова, Н.А.Шишонко, Л.С.Вольская, Г.А.Камышенко,
О.П.Корсакова, В.Е.Левкевич, А.А.Швецов, Т.Ф.Цуркова

СОВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА РЕЛЬЕФА БЕЛОРУССИИ - Мн.: Наука і тэхніка,
1991-102с. - ISBN 5-343-00865-8.

В книге изложены результаты комплексного изучения современных эндогенных, экзогенных и техногенных рельефообразующих процессов. Обоснована их классификация, охарактеризованы скорости, закономерности пространственной дифференциации и этапы развития в голоцене.

Выполнено с использованием ЭВМ районирование территории республики по особенностям проявления современной геодинамики. Проанализированы возможности применения полученных данных для поисков полезных ископаемых и рационального природопользования.

Книга представляет интерес для геологов, географов, почвоведов, проектировщиков и других специалистов, занимающихся изучением рельефа и антропогенного покрова Белоруссии и использованием природных ресурсов.

Табл. 17. Ил. 35. Библиогр.: 96 назв.

Редакторы:

д-р геол.-минер. наук Б.Н.Гурский,
д-р геол.-минер. наук А.В.Матвеев

Рецензенты:

д-р геогр. наук О.Ф.Якушко,
канд. геогр. наук В.А.Прокопеня

С 1805040300-139
М316(03)-91 185-91

© Коллектив авторов, 1991

ISBN 5-343-00865-8

ПРЕДИСЛОВИЕ

Никогда за долгую историю человечества изменения в природе не протекали в таком быстром темпе, как сейчас. Эти изменения в основном связаны с хозяйственной деятельностью и нередко идут в нежелательном направлении. Устранение же последствий непродуманного вмешательства в природные процессы требует значительных материальных затрат, а подчас вообще невозможно. Для решения возникающих проблем необходимо углубленное исследование прежде всего динамики природных систем и их реакции на техногенные нагрузки. Однако именно в этой отрасли знаний, как показывает анализ опубликованных материалов, существует много неясного и в первую очередь это касается характера развития рельефа, понимаемого в широком смысле слова как форма земной поверхности в сочетании с образующими ее отложениями. Рельеф — основа ландшафта, и его изменения в значительной степени определяют эволюцию других компонентов окружающей среды.

Динамике рельефа уделяется серьезное внимание и у нас в стране и за рубежом, причем работы ведутся примерно в одном направлении. Чаще всего анализируются закономерности проявления отдельных экзогенных процессов. Многие публикации посвящены общетеоретическим проблемам динамики природных систем. Особого внимания заслуживают исследования А.А.Асеева, И.П.Герасимова, А.П.Дедкова, Н.И.Николаева, Ю.Г.Симонова, Н.А.Флоренсова и других, рассматривающих изменения рельефа как результат сложного взаимодействия экзогенных, эндогенных и техногенных агентов и предложивших использовать расчеты баланса масс или энергии для определения развития систем и т.п.

Вместе с тем нельзя не отметить, что при изучении динамики рельефа практически не составляются комплексные карты по крупным регионам, что не дает возможности выявления общих закономерностей современного преобразования земной поверхности. Недостаточно используются для построения подобных карт ЭВМ. Ограничено применение получаемых материалов для разработки и обоснования программ рационального природопользования.

Для изучения современной динамики рельефа большое значение имеет реконструкция изменений природных условий, происходивших в прошлые эпохи, главным образом в голоцене. Анализ природных условий этого отрезка времени дает много нового для расчета скоростей, познания механизма изменений рельефа и обоснования прогноза его дальнейшего развития, а также представляет возможность ответить на многие важные вопросы о современных и будущих взаимосвязях между природой и человеком. Проблема изучения изменений природных условий Белоруссии в рассматриваемом аспекте привлекала внимание многих исследователей (Е.В.Оппоков, В.Н.Сукачев, Г.И.Танфильев, П.А.Тутковский, В.С.Доктуровский, С.Н.Тюремнов, С.Кульчинский, Н.А.Махнач, М.М.Цапенко и др.). Особенно большой фактический материал появился в последние годы благодаря исследованиям лаборатории озераведения БГУ им. В.И.Ленина (О.Ф.Якушко, И.И.Богдель и др.), Института геохимии и геофизики АН

БССР (Н.А.Махнач, Г.К.Хурсевич, Я.К.Еловичева, П.Ф.Калиновский, В.И.Назаров и др.), Института торфа АН БССР (сейчас Институт проблем использования природных ресурсов и экологии АН БССР; А.П.Пидопличко, М.З.Лопотко и др.). Но изученность территории Белоруссии остается неравномерной. Детальнее исследовано Поозерье, менее подробно Белорусское Полесье, слабо изучена центральная часть республики.

С учетом всего сказанного в Институте геохимии и геофизики АН БССР с 1978 г. лабораторией динамики ландшафтов начаты комплексные работы по изучению закономерностей проявления современных рельефообразующих процессов. Конечно, силами одного научного подразделения различные аспекты такой сложной проблемы исследовать с одинаковой детальностью невозможно. Потому в центре внимания были преимущественно те рельефообразующие процессы, которые протекают на поверхности Земли и в верхней части платформенного чехла. В связи с тем что при проведении исследований пришлось осваивать новые методики, анализировать закономерности, которые до сих пор выпадали из поля зрения специалистов, представляется естественным, что у читателей возникнут замечания по отдельным разделам книги. Все связанные с этим предложения авторы с благодарностью учтут в своей дальнейшей работе.

Выводы, содержащиеся в книге, обосновываются фактическим материалом, включающим картографические построения, разрезы более 2000 буровых скважин, результаты полевых наблюдений и замеров, картометрические работы, изучение дистанционных материалов, расчеты на ЭВМ, гранулометрические, минералогические, петрографические, палинологические, карпологические, радиоуглеродные анализы. Изучались также геофизические материалы, почвенная, геоморфологическая, геологическая карты территории Белоруссии, проводилась обработка результатов стационарных и полустационарных наблюдений за современными геоморфологическими процессами.

В написании книги принимали участие специалисты, в течение ряда лет занимающиеся изучением современных рельефообразующих процессов. Введение и заключение написал А.В.Матвеев; главу 1 - В.П.Зерницкая, Э.А.Крутоус, А.В.Матвеев, Н.А.Махнач, Л.А.Нечипоренко, А.И.Павловский, Г.И.Сачок; главу 2 - Л.С.Вольская, О.П.Корсакова, В.Е.Левкевич, А.В.Матвеев, Л.А.Мастюлин, Н.А.Махнач, Л.А.Нечипоренко, А.И.Павловский, Г.И.Сачок, Т.Ф.Цуркова, А.А.Швецов, Н.А.Шимонок; главу 3 - Г.И.Симакова, В.П.Зерницкая, Э.А.Крутоус; главу 4 - Г.А.Камышенко, Г.И.Сачок.

Авторы пользовались консультациями докторов географических наук О.Ф.Якушко, В.М.Широкова, докторов сельскохозяйственных наук Т.А.Романовой, В.В.Жилко, доктора геолого-минералогических наук Л.Ф.Ажгиревич, кандидата геолого-минералогических наук Д.А.Доминиковской, кандидата сельскохозяйственных наук Н.Я.Хох. Всем специалистам, содействовавшим успешному выполнению исследований и подготовке книги к изданию, выражается искренняя благодарность.

Глава 1. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

При проведении исследований использовалась комплексная методика, включающая анализ опубликованной литературы, полевые наблюдения (маршрутные и полустационарные), изучение разнообразных дистанционных материалов, картометрические, аналитические, морфометрические определения, обработку информации на ЭВМ и т.п.

В частности, при работах, связанных с изучением закономерностей проявления плоскостной и линейной эрозии временных водотоков, выполнен большой объем полевых наблюдений (исследование особенностей строения, морфологии, скоростей роста оврагов, распространения основных типов рельефа, генезиса и геологического строения территории, особенностей развития ручейковой сети на ключевых участках). Интенсивность роста оврагов определялась с помощью установки реперов по основной линии тока или парных реперов по обе стороны от вершины по касательной к точке роста оврага и перпендикулярной его тальвегу. Замеры проводились металлической мерной лентой. Для выяснения особенностей изменения других параметров (ширина, глубина, объем) выборочно осуществлялась многократная мензульная съемка. Кроме того, производилось нивелирование продольных и поперечных профилей форм линейной эрозии и склонов. В оврагах и балках по поперечным профилям закладывались шурфы и скважины ручного бурения с целью изучения отложений для восстановления особенностей развития эрозионных форм. На ключевых участках (Мозырская, Оршанская, Новогрудская, Гродненская, Минская и Витебская возвышенности, Горецкая равнина и Загородье), а также в других районах для сопоставления проводились маршрутные описания природно-хозяйственных условий.

В камеральный период на основе картографических и дистанционных материалов была составлена карта распространения форм линейной эрозии, на которой отражены их плотность, скорости роста и ряд других характеристик. Все необходимые расчеты проводились на основе карт масштаба 1:25000 и аэрофотоснимков разных масштабов по 307 ключевым участкам.

Для составления карт интенсивности плоскостной эрозии использовалась методика, разработанная в Государственном гидрологическом институте /1/. Расчеты выполнялись по 799 водосборным бассейнам, на которые была разбита территория республики. Для каждого бассейна оценивался модуль смыва отложений со склонов за год и по сезонам. Оценка параметров модели производилась для усредненных многолетних данных по водосборному бассейну в целом, а корректура вычислительного алгоритма осуществлялась посредством сопоставления расчетных данных с результатами полевых и стационарных наблюдений в Белоруссии. Полученные величины были перенесены на карту, где методом интерполяции проводились изолинии параметров смыва со склонов. Для оценки влияния природно-хозяйственных условий на развитие линейной эрозии применялся множественный регрессионный анализ, позволивший построить математическую модель влияния факторов, а для плоскостного смыва -

компонентный анализ и картографическая модель влияния факторов /2,3/.

Для исследования склоновых отложений закладывались шурфы. Выработки располагались на вершинах, в верхних, средних и нижних частях склонов разных экспозиций. Условия залегания склоновых аккумуляций анализировались также в обнажениях, карьерах и оврагах, секущих склоны на значительном протяжении. Делювиально-солифлюкционные отложения диагностировались по текстурным и структурным признакам. Максимальные мощности (М) на каждом из исследованных склонов сопоставлялись с котангенсом угла наклона (ctg), причем зависимости М от ctg выявлялись отдельно для наклонных поверхностей поозерской, сожской и днепровской морфоскульптур. С этой целью путем полиномиального регрессионного анализа составлялись уравнения, а затем на основе карты средних максимальных углов наклона и упомянутых зависимостей строилась карта-схема распространения склоновых шлейфов Белоруссии, которая отражает изменчивость мощности аккумуляций, образовавшихся в течение всего периода эволюции склонов. Для картирования шлейфов поозерско-голоценовой генерации использовалась следующая методика: изолиниям, ограничивающим определенные средние максимальные углы наклона на всей площади Белоруссии, были приданы соответствующие значения средних максимальных мощностей склоновых отложений исходя из уравнения М-ctg для поозерского комплекса, так как именно в соответствии с этой зависимостью осуществлялся контроль темпов прироста мощности шлейфов в поозерско-голоценовое время.

Оценка эрозионно-аккумулятивных процессов в речных долинах производилась по разрезам буровых скважин, мощности аллювия. С помощью этих данных, а также линейных размеров речных долин, которые измерялись по геологической карте антропогенных отложений и в процессе полевых работ, рассчитывались общие объемы речной эрозии и средняя денудация земной поверхности за голоценовое время.

Данные по суффозии, карсту, эоловым, биогенным и гравитационным процессам получены в основном в ходе маршрутных полевых работ, изучения дистанционных и картографических материалов, и только для исследований крипа применялись наблюдения за реперной сетью (штырями размером от 0,3 до 0,5 м), которая располагалась по линии наибольших уклонов через 1,5-3 м на склонах разной экспозиции.

При изучении процессов в береговой зоне водохранилищ применялись стандартные методики наблюдения по створам. Подобными многолетними работами охвачено 9 опорных водохранилищ БССР (50 закрепленных створов). Кроме того, выполнены также рекогносцировочные обследования еще около 50 водных объектов.

Для интегральной характеристики степени антропогенной измененности обычно используют либо объем антропогенных форм, либо общую массу перемещаемых грунтов. Именно на этих принципах базируются расчеты соответствующих коэффициентов: коэффициента антропоморфогенеза /4/, геотехнического коэффициента /5/, антропогенно-геоморфологического эффекта /6/ и др. Такой методический прием был использован и для характеристики земной поверхности Белоруссии. Прежде всего рассчитывался средний объем отложений, который перемещен человеком. Этот объем определялся по суммарному эффекту

наиболее интенсивных антропогенных процессов, в число которых включены карьерная добыча полезных ископаемых, прокладка каналов, строительство котлованов, смещение материала при вспашке, террасирование и выравнивание поверхности в пределах населенных пунктов, отсыпка отвалов, насыпей, дамб, свалка производственных и бытовых отходов. Для оценки морфологического эффекта перечисленных процессов анализировались данные, опубликованные в различных энциклопедических и справочных изданиях /7-9/, практический опыт ряда проектных и строительных организаций, многолетние полевые наблюдения, дешифрирование дистанционных материалов, картометрические работы и др. Все это позволило установить как общий объем перемещенных человеком грунтов, так и уровень средней по административным районам антропогенной преобразованности поверхности Белоруссии. Кроме того, рассчитывались локальные значения рассматриваемого показателя на участках наибольшего антропогенного "давления".

При изучении влияния эндогенных процессов на формирование рельефа территории республики использовались описания разрезов буровых скважин, картографические построения, полевые работы, анализ карт физических полей, сейсмичности территорий (по натурным наблюдениям и историческим данным), корреляционный анализ. В качестве опорных для сопоставления с земной поверхностью были выбраны кровля фундамента /10/ и кровля коренных пород /11/. Эти уровни с использованием методов математической статистики коррелировались с гипсометрией современной поверхности, мощностью антропогенного чехла, что позволило установить наиболее активные на новейшем и современном этапе тектонические блоки и нарушения.

Для этих же целей с использованием материалов дистанционных съемок (МДС) и крупномасштабных топокарт построена схема линеаментов масштаба 1:500000. Главными признаками линеаментов на снимках служили различия в тоне изображения. Линейно ориентированные полосы элементов ландшафта, как правило, прослеживались по темному пунктирному фототону и позволили установить закономерно ориентированные системы спрямленных современных форм. Наряду с линеаментами в работе анализировались и кольцевые структуры, проявившиеся в гипсометрии земной поверхности, типах рельефа, характере речной сети и др.

В связи с изучением особенностей развития геоморфологических процессов в голоцене реконструированы палеогеографические обстановки основных этапов этого отрезка времени. Была собрана картотека существующих палинологических диаграмм, выполнены новые палинологические, палеокарпологические и радиоуглеродные определения. По этим данным проведены палеоклиматические реконструкции по методу информационно-статистического анализа, разработанному В.А.Климановым /12/. В основе метода лежит соответствие состава субрецентных спорово-пыльцевых спектров характеру современной растительности и нынешним климатическим условиям. На основе результатов спорово-пыльцевых материалов с помощью информационно-статистического анализа вычислены средние значения годовых, июльских, январских температур и среднегодовая сумма осадков для пребореального, бореального, атлантического, суббореального периодов голоцена. Палеоклиматические показатели восстанавливались по наиболее полным разрезам, имеющим детальную спорово-

пыльцевую характеристику и радиоуглеродные датировки. С целью равномерного распределения палеоклиматических данных по территории республики отбирались разрезы, принадлежащие к различным физико-географическим районам, учитывались и результаты других исследователей /13, 14/.

Впервые для территории республики проведена типизация-районирование ее поверхности с применением ЭВМ. При этом для дискретного представления (описания) геопространства использовались методы автоматической классификации (АК) и автоматического районирования (АР). Главное их достоинство - привлечение количественной информации и повышение объективности исследования, а сложность связана с необходимостью выбора совокупности признаков (признакового пространства), объектов группировки (классификации), метода классификации, метрики, порога различия классов и др. /15, 16/.

Нами использован алгоритм классификации "ЭКСТРЕМАТ-1" /2, 17/. Он основан на методе самого дальнего соседа, является полностью связанным, использует евклидову метрику, разбивает множество на заданное число классов. Число классов выбиралось априори на основе графиков пространственной корреляционной функции многомерного поля по методу экспертных оценок с помощью критериев качества классификации /3/. Иерархические классификации строились на основе нескольких схем группировки объектов при разном числе классов посредством последующей их "ручной" доработки с учетом дополнительной специальной информации.

Пространственная модель такой классификации может рассматриваться как разновидность типологического районирования. К его положительным сторонам относится комплексность использования множества количественных показателей.

Для построения регионального районирования разработан алгоритм, трансформирующий схему типологической дифференциации в схему региональной дифференциации /3/. Алгоритмом осуществлялось последовательное перераспределение объектов из мелких контуров между соседними более крупными ареалами по максимальному сходству объекта и ареала. Полученная система ареалов принимается в качестве формальной модели индивидуального (регионального) районирования. Выбор схемы типологической дифференциации и числа шагов укрупнения ареалов производился с учетом изменения критериев качества классификации. В результате выделялись районы в виде компактных ареалов, включающих не менее заданного числа классифицируемых объектов. Такие районы являются гетерогенными, так как включают объекты из разных классов.

В соответствии со сложившейся в региональных исследованиях Белоруссии традицией принимались трехступенчатые иерархические системы районирования с выделением зон, провинций (областей), районов. При этом верхняя ступень (зоны) раскрывает регулярные, нижняя (районы) - мозаичные текстуры геопространства. Для зонирования территории привлекался также метод главных компонент /2/. Поскольку использованные методы АК и АР реализуют принципы "районирования сверху", им внутренне присуща размытость границ классов, ареалов и иерархических уровней.

Все графические построения проводились в масштабе 1:500000, а затем карты и схемы были уменьшены.

Собранные в процессе геоморфологических, палеогеоморфологических работ данные использованы для разработки практических рекомендаций. При обосновании подобных рекомендаций учтен ранее накопленный опыт и апробированные методики /18, 19/. В частности, полученные после обработки материалов на ЭВМ данные и параметры, снятые с карты динамики рельефа с учетом практического опыта ведения сельского хозяйства в регионе являются основой для создания карт рациональной организации территории.

На такой карте в условиях Белоруссии могут выделяться зоны многолетних трав, лесопосадок, площади с ограниченными посевами пропашных, с преобладанием зерно-травяных культур, универсального использования, участки, требующие противодефляционных агротехнических приемов обработки земли, осушения, обводнения, рекультивации, подлежащие охране государством и т.д. Подобные карты, помимо своего основного назначения, могут стать прогнозными для тех или иных рельефообразующих процессов.

Начало
V-8.1
12

Глава 2. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ РЕЛЬЕФОБРАЗУЮЩИХ ПРОЦЕССОВ

Выполненные исследования показали, что земная поверхность в пределах Белоруссии испытывает разнообразное и интенсивное воздействие различных природных и техногенных процессов. По основному источнику энергии эти процессы подразделяются на классы. В классах по ведущему генетическому агенту различаются группы, которые в свою очередь по степени измененности среды, в которой проявляются, делятся на подгруппы. В подгруппах выделяются типы (по разной роли процессов в моделировании земной поверхности, выражающейся в разрушении существующих и создании новых форм за счет преобладающего сноса, искривления поверхности или накопления отложений), а в типах - виды (по специфической форме проявления генетического агента; табл.1).

Разная степень изученности не позволяет произвести подразделение всех классов с одинаковой детальностью. Поэтому в дальнейшем представленная классификация, особенно в отношении эндогенного и техногенного рельефа, может быть значительно дополнена. Проявление и интенсивность различных видов современных рельефообразующих процессов значительно варьируют по территории республики. При этом особенности экзогенных процессов контролируются преимущественно строением рельефа, покровных отложений и хозяйственной деятельностью, эндогенные процессы отражают структуру фундамента и нижних горизонтов платформенного чехла, а техногенные - размещение населенных пунктов и общественного производства.

Начало

Экзогенные процессы

[Процессы, энергетика которых определяется космическими факторами, играют важную роль в современном изменении земной поверхности Белоруссии. Эти процессы чрезвычайно разнообразны, несмотря на то, что рельеф территории Белоруссии имеет равнинный характер. Среди экзогенных процессов по объему перемещаемых отложений и общему морфологическому эффекту прежде всего выделяется деятельность текучих вод (плоскостной смыв, склоновая аккумуляция, линейная эрозия и аккумуляция, суффозия и карст и др.), несколько меньшее значение имеет проявление гравитационного, биогенного, эолового и других факторов.]

Плоскостной смыв. [Интенсивное вовлечение земель в хозяйственный оборот привело к широкому проявлению в РБСР плоскостной эрозии, которая наносит ущерб народному хозяйству] в размере около 7 млрд руб. в год. Велики потери от плоскостного смыва и в Белоруссии, где недобор урожая только по зерновым оценивается в 50 млн руб. в год /20, 21/.

Во многих публикациях приводятся данные по интенсивности плоскостной эрозии в различных районах республики /20-30/, а также на сопредельных территориях /31-35/. Однако наши исследования позволили в значительной степени детализировать картину пространственной дифференциации этого одного из наиболее активных современных

Таблица 1

Классификация современных рельефообразующих процессов на территории Белоруссии

Группа	Подгруппа	Тип	Вид
1. Экзогенные процессы			
Аквальная	Природная	Деструктивный	Плоскостная эрозия, эрозия линейных водотоков (временных, постоянных, селеподобных), суффозия, карст, абразия, отслаивание и растрескивание пород при изменении режима влажности
		Аккумулятивный	Накопление аллювия, делювиал, пролювиал, озерных, источниковых отложений и др.
	Природно-антропогенная	Деструктивный	Эрозия зарегулированных водотоков, плоскостная эрозия и химический сток на распаханных склонах и при сведении леса, суффозия при орошении, абразия на берегах водохранилищ, эрозия паводков антропогенного генезиса, перераспределение стока, отмирание русел малых рек, абразия берегов под влиянием проходящих судов
		Аккумулятивный	Накопление аллювия в зарегулированных речных долинах, отложений в водохранилищах, каналах, пойменного аллювия при паводках антропогенного генезиса, возрастание интенсивности осадкоаккумуляции при сведении леса и распашке склонов
Гравитационная	Природная	Деструктивный	Оползни, обвалы, осыпи, крипы, просадки и уплотнение пород
		Аккумулятивный	Накопление шлейфов подножий, конусов выноса
	Природно-антропогенная	Деструктивный	Оползни, обвалы, осыпи в карьерах, котлованах, на подрезанных склонах, отвалах; крипы, просадки, уплотнение пород на отвалах; просадки под инженерными сооружениями, в районах добычи полезных ископаемых, проходки туннелей; изменение несущих свойств грунтов, разуплотнение пород на склонах выемок
		Аккумулятивный	Накопление шлейфов у подножий отвалов, подрезанных склонов, в карьерах
Биогенная	Природная	Деструктивный	Биогенное рыхление покровных отложений, эрозия сепарированных бобровыми плотинами водотоков
		Аккумулятивный	Почвообразование, торфообразование, накопление органогенных отложений в озерах, поймах
	Природно-антропогенная	Деструктивный	Биологическая очистка водоемов (уменьшение интенсивности осадкоаккумуляции)
		Аккумулятивный	Торфообразование при сведении лесов, возведении дамб, насыпей, строительстве водоемов
Эоловая	Природная	Деструктивный	Дефляция
		Аккумулятивный	Образование холмистых, грязовых форм рельефа, полей перевеваемых песков

Продолжение табл. 1

Группа	Подгруппа	Тип	Вид
Криогенная	Природная	Деструктивный	Дефляция отвалов, распаханых территорий, осушенных торфяников и песчаных отложений, участка со сведенным лесом
		Аккумулятивный	Осаждение пыли развееваемых отвалов, пашни, разрабатываемых торфяников, осаждение материала из пылевых выбросов, при сгорании топлива
	Деструктивный	Разнос материала плавающими льдами, солифлюкция, деформация отложений при замерзании и оттаивании	
	Аккумулятивный	Накопление солифлюкционных шлейфов	
Элювиальная	Природно-антропогенная	Деструктивный	Эрозия льда на берегах водохранилищ; солифлюкция на отвалах, подрезанных склонах; деформация антропогенных отложений при замерзании и оттаивании
		Аккумулятивный	Накопление солифлюкционных шлейфов на отвалах, подрезанных склонах
	Природная	Деструктивный	Изменение земной поверхности при выветривании, вынос мелкозема
	Природно-антропогенная	Деструктивный	Изменение поверхности отвалов, насыпей, дамб при выветривании, вынос мелкозема, выщелачивание стоками, выветривание отложений под инженерными сооружениями и твердым дорожным покрытием
		Аккумулятивный	
II. Эндогенные процессы			
Тектоногенная	Природная	Деструктивный	Тектонические поднятия, опускания, перегибы, сейсмические процессы
		Аккумулятивный	
	Природно-антропогенная	Деструктивный	Опускания, сейсмические процессы, вызванные строительством зданий, сооружений, водоемов
		Аккумулятивный	
III. Техногенные процессы			
		Деструктивный	Карьерная добыча полезных ископаемых; прокладка каналов, траншей; строительство котлованов; смещение материала при вспашке; проходка наземных и подземных выемок, шахт, туннелей, колодцев; террасирование поверхности населенных пунктов; выполаживание территории; образование воронок взрыва, сооружение канализационных, водопроводных систем; спрямление русел рек; искусственное уплотнение грунтов (при строительстве, выпасе)
		Аккумулятивный	Отсыпка отвалов, насыпей, дамб, курганов, засыпка неровностей; сооружение искусственных пляжей, островов, полуостровов; свалка отходов производства, быта

рельефообразующих процессов. Согласно полученным данным, смыл со склонов, используемых в хозяйстве, может изменяться от 0 до 7-10 мм/год, составляя в среднем по республике 0,42 мм/год. Максимальные среднегодовые значения в основном характерны для краевых ледниковых возвышенностей, где они могут достигать 1,4-4, а в некоторых случаях 8 мм/год и более (рис. 1). Так, на Гродненской возвышенности значения плоскостного сноса составляют в среднем 4,8 мм/год, Волковысской - 6, Новогрудской - 5,6, Минской - 11,2, Ошмянской - 4,5, Оршанской - 8,8 мм/год.

Повышенные значения рассматриваемого показателя также характерны для территорий краевых ледниковых комплексов Поозерья (0,8-6 мм/год) участков с развитием мощных лессовидных отложений на Горецкой и Могилевской равнинах (от 1,4-3,6 до 10,4 мм/год), а также на Мозырской гряде (1,6-7,2 мм/год).

Минимальные значения или полное отсутствие эрозии на склонах отмечаются на равнинах и низменных пространствах Полесья, Полоцкой, Неманской и других низин (0,6-0,008 мм/год).

Сезонная динамика плоскостного смыва подвержена значительным колебаниям в зависимости от климатических особенностей сезона. Единого мнения о преобладании талого или дождевого смыва нет.

Результаты исследований показывают, что в период весеннего снеготаяния (рис. 2, а) максимальный снос возможен на возвышенностях Центральной и Северной Белоруссии, где он достигает 0,8-2,4 мм/год, а при экстремальных условиях 4-4,8 мм/год. Минимальные значения смыва характерны в этот период для юго-западной, южной и юго-восточной частей республики, где лишь на наиболее расчлененных участках (Загородье, Высоковская равнина, Мозырская гряда) эрозия на склонах составляет 0,004-0,08 мм/год.

Для летне-осеннего периода, когда смыв осуществляется за счет дождевых осадков, его интенсивность преимущественно составляет 0,04-0,8 мм/год, на склонах, используемых под пропашные культуры, - 1,6-2,4 мм/год. При выпадении очень сильных ливней объем сносимых отложений увеличивается в 2-2,5 раза. Максимальные значения плоскостной эрозии в летне-осенний период характерны для центральной и восточной частей республики, а также для Мозырской возвышенности (рис. 2, б). На Минской, Оршанской и Новогрудской возвышенностях, Могилевской и Горецкой равнинах, Мозырской гряде смыв нередко превышает за сезон 0,8 мм, достигая иногда 4-5,6 мм/год. На остальной территории величина смыва колеблется до 0,08 мм/год.

Формирование плоскостного смыва зависит от ряда природных и хозяйственных факторов, в число которых необходимо включить климатические особенности, рельеф, почвенно-растительный покров, хозяйственную деятельность и т.д. Причем их влияние на процесс плоскостного смыва может быть неоднозначным в различных районах.

Для выяснения региональных различий воздействия природно-хозяйственных условий на смыв был использован метод главных компонент (ГК) $1/2$. При анализе комплекса из 14 параметров (крутизна и длина склонов, густота и глубина расчленения, состав и допустимые неразмывающие скорости покровных отложений, режим влажности, лесистость, площадь водосборов, распаханность и др.) были выделены три первые главные компоненты, вклад которых в общую дисперсию комплекса показателей превышает 50%.



Рис. 1. Смыв со склонов, мм/год

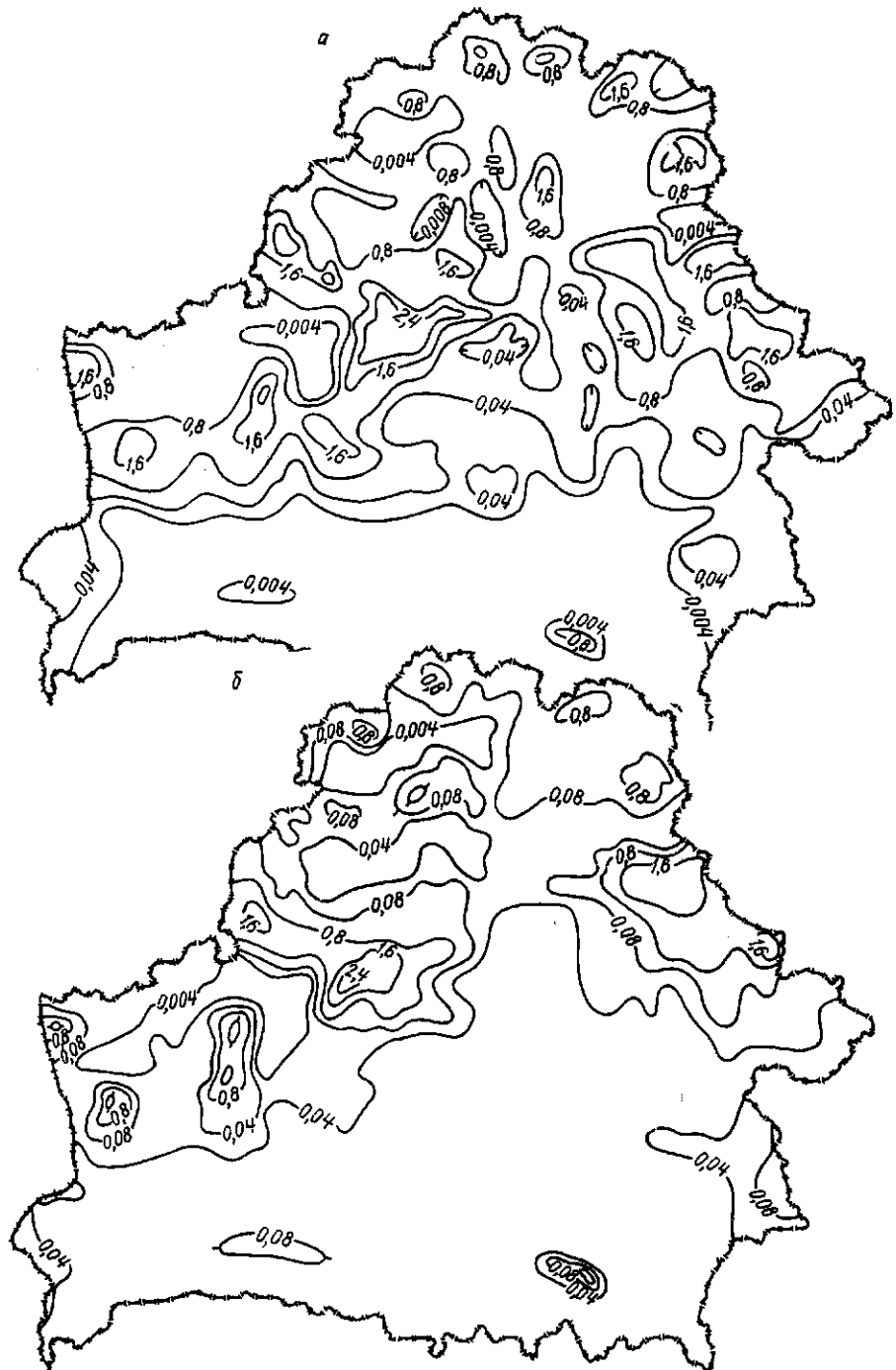


Рис. 2. Смыв со склонов, мм/год: а - весенний период; б - летне-осенний период

Первая главная компонента имеет вклад несколько больше 1/4 общей дисперсии (27,5%). Максимальные компонентные веса приходятся: положительные - на вертикальное расчленение и крутизну склонов, отрицательные - на длину гидрографической сети и площадь водосборных бассейнов. Учитывая компонентные веса и распределение значений по территории, первую главную компоненту можно рассматривать как интегральный фактор влияния морфометрических характеристик рельефа на развитие плоскостной эрозии. Основная особенность карты пространственной дифференциации величин первой ГК - противопоставление возвышенностей Центральной Белоруссии низинам Полесья и Поозерья (рис. 3, а).

Вторая главная компонента (вклад 15,9%) имеет следующее распределение весов: положительные приходятся на площади водосборных бассейнов и длину гидрографической сети, отрицательные - на слой стока в период весеннего снеготаяния и лесистость. Значения второй ГК отражают различия между северной, центральной и южной частями республики и характеризуют влияние величины бассейнов на развитие плоскостного смыва (рис. 3, б).

Для третьей главной компоненты (12,8%) максимальные положительные веса падают на лесистость, густоту расчленения рельефа и площади водосборных бассейнов, отрицательные - на распаханность территории и величину слоя поверхностного среднегодового стока. Картографическая интерпретация полученных результатов характеризует влияние степени хозяйственной освоенности территории на величину плоскостного смыва (рис. 3, в).

Значительный процент, приходящийся на другие компоненты (в сумме более 40), свидетельствует о большой изменчивости процесса плоскостного смыва и его зависимости от многих внешних и внутренних факторов.

Склоновая аккумуляция. В процессе послеледникового развития склонов Белоруссии у их подножий накопились шлейфы солифлюкционно-делювиальных отложений перигляциальной и термогенной формаций. Размеры этих аккумуляций обусловлены различными причинами, среди которых главную роль играют литологические особенности покровных отложений, морфология и возраст наклонных поверхностей. Как показали исследования Н.А.Махнача и Г.А.Камышенко /36/, наиболее существенным фактором, определяющим мощность плаща склоновых отложений, является крутизна склона. Уравнение зависимости мощности шлейфа от котангенса угла склона для поозерского, сожского и днепровского гляциоморфологических комплексов приведены на рис. 4.

На основании упомянутых зависимостей и величины средних углов наклона составлена карта-схема распространения склоновых отложений по территории республики (рис. 5). Названная карта-схема иллюстрирует пространственные изменения мощностей шлейфов, накопившихся в течение всего срока субэразального развития склонов. Однако для правильного понимания современной динамики рельефа из всей массы склоновых аккумуляций необходимо выделить их голоценовую генерацию (рис. 6).

Средние мощности шлейфов, накопившихся за указанное время, последовательно уменьшаются от 130-160 до 0-70 см с севера на юг республики, т.е. от поозерского к днепровскому гляциоморфологическим комплексам. Это объясняется большей мобильностью покровных

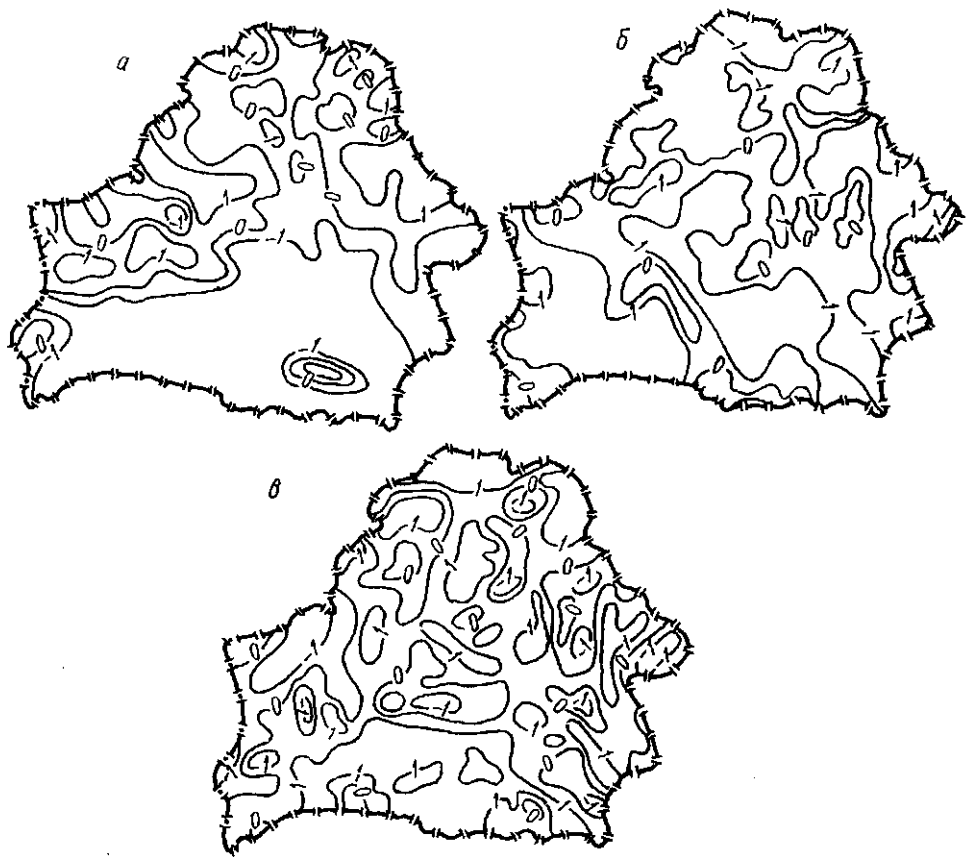


Рис.3. Значение первой (а), второй (б) и третьей (в) главных компонент комплекса параметров, характеризующих условия развития плоскостной и линейной (образной) эрозии почв

образований на свежих поозерских наклонных поверхностях по сравнению с более древними, разницей в морфологии разновозрастных склонов. Так, крутизна скатов краевых форм рельефа уменьшается от поозерского к днепровскому комплексам, что связано как с исходными различиями в морфологии склонов разновозрастного ледникового рельефа, так и с неодинаковыми сроками подверженности склоновой денудации поозерских, сожских и днепровских морфоскульптур.

Обращает на себя внимание то, что на всей территории Белоруссии поозерско-голоценовые шлейфы являются более мощными, чем соответствующие образования допоозерского времени. Этот факт объясняется тем, что толща голоценовых аккумуляций в значительной мере складывается из переработанных более ранних склоновых накоплений. Кроме того, по мере эволюции склонов после достижения некоторой критической мощности прирост шлейфов осуществляется не столько по вертикали, сколько по протяженности, что иллюстрируется, например, цифрами, отражающими относительную удаленность верхней точки шлейфа (начала вогнутого перегиба профиля) от вершин.

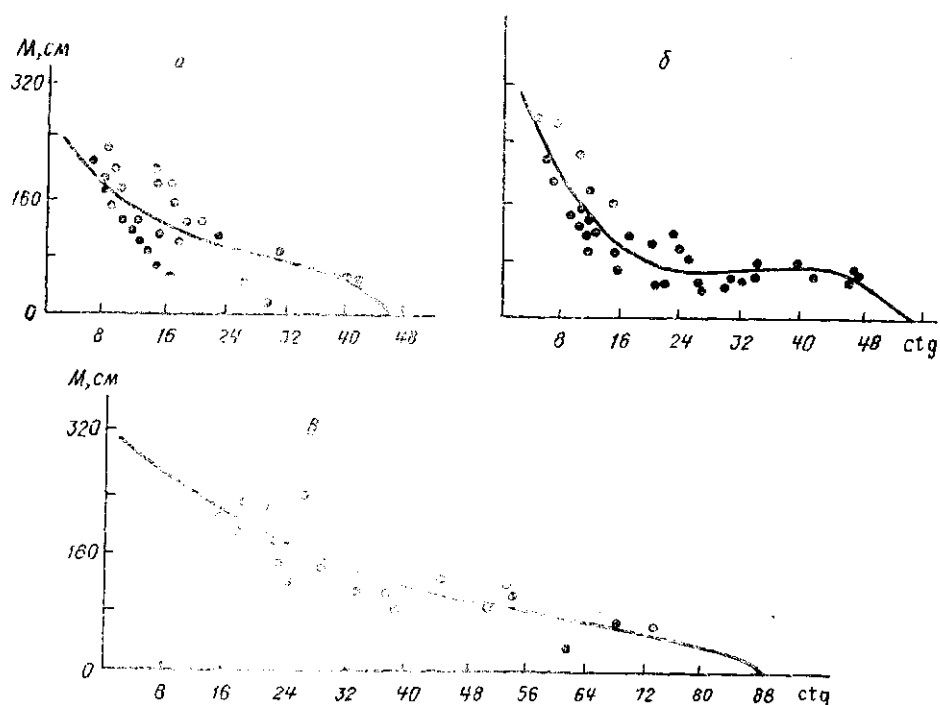


Рис. 4. Зависимости мощности склоновых шлейфов (M) от котангенса угла склона (ctg): а — поозерский комплекс: $M = 256,3 - 14,4 \text{ ctg} + 0,14 \text{ ctg}^2 - 0,0053 \text{ ctg}^3$ (корреляционное отношение $\eta = 0,717$); б — сожский комплекс: $M = 367 - 29,5 \text{ ctg} + 0,92 \text{ ctg}^2 - 0,0092 \text{ ctg}^3$ ($\eta = 0,896$); в — днепровский комплекс: $M = 321 - 9 \text{ ctg} + 0,12 \text{ ctg}^2 - 0,00067 \text{ ctg}^3$ ($\eta = 0,837$)

[Так, средние относительные длины шлейфов на склонах поозерского, сожского, днепровского возраста соответственно равны (в %): $37 \pm 16,5$; $58 \pm 5,4$; $64 \pm 4,9$ от общей длины склона. Следует также сказать, что в периоды наиболее интенсивного преобразования склонов, т.е. в короткие промежутки времени, следующие непосредственно за отступлением льда, подавляющая часть материала выносилась за пределы склонов во флювиальные системы. Этот процесс засвидетельствован в виде горизонтов песчано-гравийно-галечного материала (горизонты размыва) в нижних частях разрезов склоновых аккумуляций.]

[Изображение голоценовых шлейфов в непрерывной форме, принятое в настоящей книге, является некоторой абстракцией, так как современные шлейфы характеризуются спорадичностью распространения в отличие от перигляциальных склоновых накоплений,] которые присутствуют практически на всех склонах краевых форм круче $1-1,5^\circ$. [Активное формирование склоновых аккумуляций в голоцене провоцировалось антропогенным воздействием (подсечное и позднее современное земледелие, лесные пожары, языческие ритуалы на доминирующих высотах). Вместе с тем значительные площади склонов практически не были подвержены делювиальным процессам.]

В связи со сказанным понятно, что для определения точной хро-

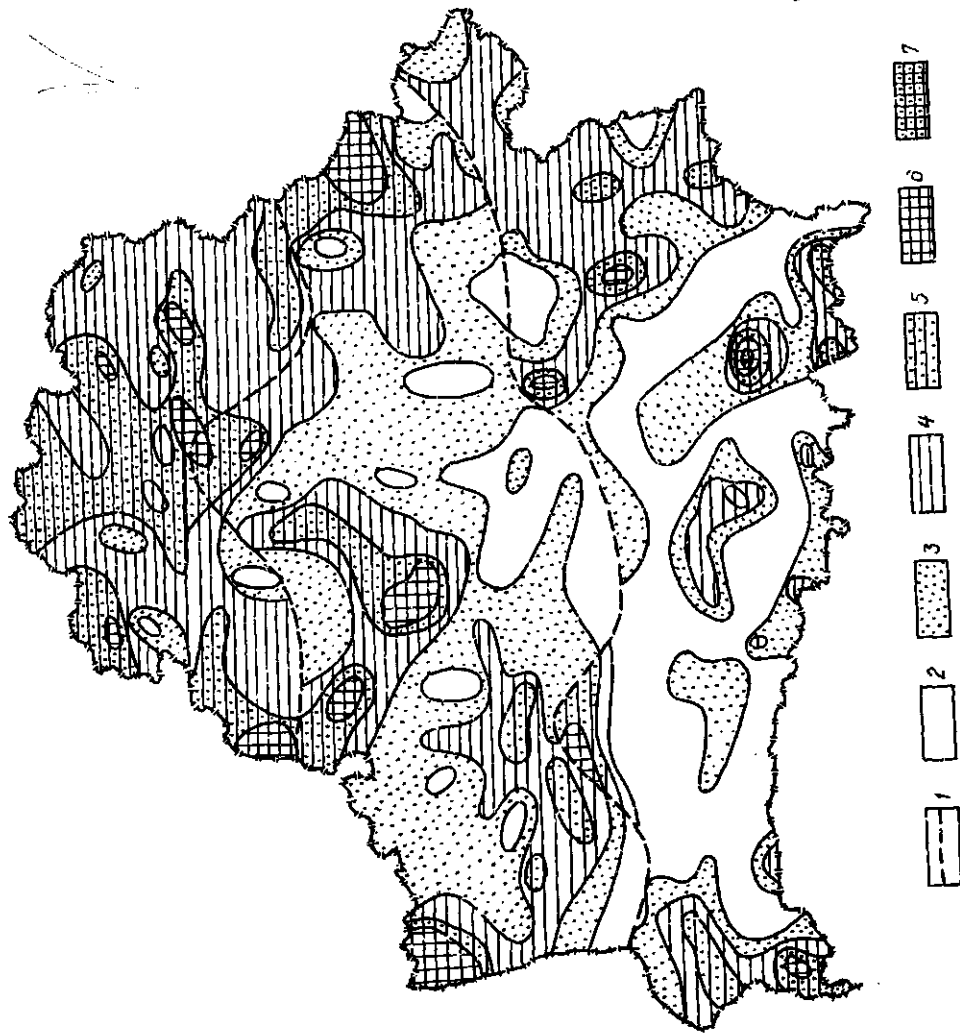


Рис. 5. Карта-схема мощностей склоновых шлейфов Белоруссии: 1 — границы шлейфов; 2 — площадь отсуствия склоновых отложений; мощность склоновых шлейфов: 3 — 0 — 70 см, 4 — 7—140, 5 — 14—180, 6 — 18—230, 7 — более 230 см

№ 20, 3-д.

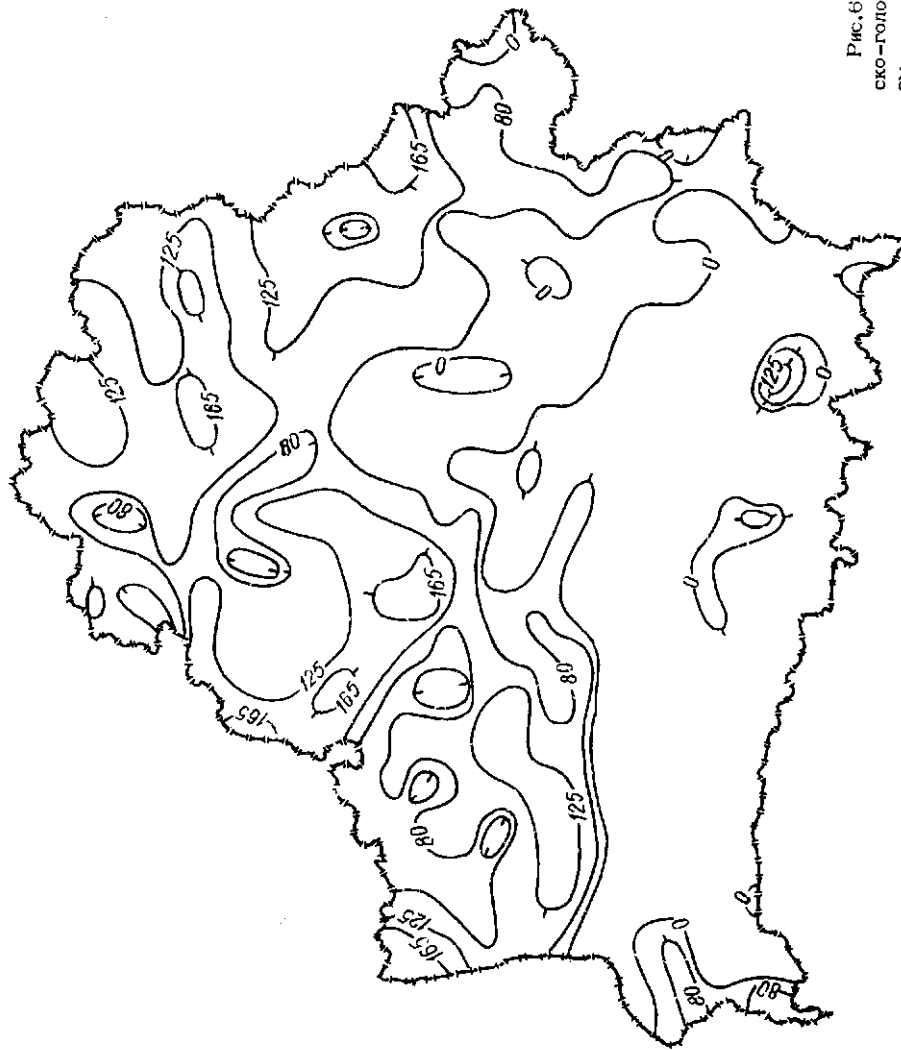


Рис. 6. Средняя мощность поозерско-голоценовых склоновых шлейфов, см

нологии формирования шлейфов следует в каждом конкретном случае выяснить возраст отдельных горизонтов склоновых отложений.] Для такого анализа удобно применять методы, основанные на сравнении степени постседиментационной преобразованности отложений. [Известно, что в общем выраженность тех или иных особенностей строения и состава, возникших в ходе постседиментационных изменений (перераспределение компонентов по элювиальному профилю, сохранность первичных седиментационных признаков), может быть сопоставлена с относительным возрастом отложений.] Наличие седиментационной пестроты в склоновых толщах в значительной мере накладывает ограничения на использование этих методов. [Однако некоторые признаки все-таки могут быть применены для выявления голоценовой генерации отложений. К числу таких признаков относятся отсутствие по профилю дифференциации минералов разной устойчивости, одресвевленных галек и валунов, концентраций микроэлементов в глинистой фракции нижних горизонтов толщ; невыраженность процессов выноса глинистых частиц в нижние части разрезов склоновых отложений, сформировавшихся на однородном моренном субстрате; недифференцированность почв на горизонты по цвету; сохранность мелких слоистых седиментационных текстур, семян и растительных остатков; наличие погребенных гумусированных горизонтов.]

В заключение следует сказать о генетической принадлежности склоновых отложений. Голоценовые шлейфы представлены практически исключительно делювием. Этот тип играет подавляющую роль в перигляциально-термогенных склоновых отложениях Белоруссии. Солифлюкционные же аккумуляции, как правило, в виде маломощных (первые дециметры) горизонтов присутствуют в нижних частях разрезов склоновых отложений, сформировавшихся на моренных суглинках и супесях, и относятся к образованиям перигляциальной формации.

В ходе делювиального процесса изменяются литологические характеристики покровных отложений. Так, в направлении подножий утончается гранулярный состав на склонах форм рельефа флювиогляциального генезиса, обратное явление происходит в делювии на моренном субстрате, возрастает текстурное разнообразие, усложняется характер чередования слоев в разрезах, увеличивается зрелость минералогической ассоциации, уменьшается содержание большинства микроэлементов Ni, Co, Cr, V, Ti, Pb, Zr и др. в пелитовой фракции, снижается выход минералов тяжелой фракции 0,25-0,1 мм на длинных пологих скатах и, наоборот, отмечается рост ее выхода на коротких крутых склонах.

Линейная эрозия временных водотоков. [В Белоруссии земли, подверженные рассматриваемому типу линейной эрозии, занимают около 14 тыс. км² (примерно 6,7% территории). В результате этого процесса сформировалась густая сеть оврагов и балок общим числом более 32 тыс., из которых примерно 13% активно развивается в настоящее время. Особенно широко линейная эрозия проявляется в пределах краевых ледниковых возвышенностей - Минской, Новогрудской, Ошмянской, Гродненской, Оршанской, Витебской, Волковысской и др., а также на значительных участках Могилевской и Горецкой равнин] и в прибортовых частях речных долин Днепра, Зап. Двины, Березины, Сожа, Вихры и др. Широко морфологическое разнообразие проявлений линейной эрозии. По этому принципу выделяются: промоины, овраги, балки и овражно-балочные системы (табл. 2).

Развитие линейной эрозии на возвышенностях и частично равнинах, а также в прибортовых частях речных долин предопределено природными особенностями этих территорий. Среди таких особенностей прежде всего необходимо выделить высокий энергетический потенциал рельефа, который обусловлен относительными превышениями до 50 м и более, длиной склонов до 0,2-1,0 км, их крутизной 3-10 и более. Густота расчленения территории на участках развития линейной эрозии часто составляет 0,75-1,0 км/км². Характерны

Морфологические особенности современных форм
Бел

Формы линейной эрозии	Стадия развития	Местоположение в рельефе
Промоина	I	Повсеместно на склонах
Овраг	II-III	Склоны холмов, гряд, балок, речных долин, днища балок
Балка	IV	Склоны возвышенностей, речных долин
Овражно-балочная система	I-IV	То же

Примечание. В числителе — преобладающие величины, в знаменателе —

также пестрый состав покровных отложений с преобладанием легко-размываемых песков, супесей и лессовидных супесей и суглинков, значительное количество осадков в течение года (более 600 мм), а также длительное и активное использование земель в хозяйстве.

Для оценки интенсивности развития процесса были составлены карты густоты и плотности форм линейной эрозии. Плотность оврагов и балок на территории Белоруссии крайне неоднородна. Максимальной величины этот показатель достигает на Новогрудской, Минской, Мозырской возвышенностях и на некоторых участках Могилевской и Горецкой равнин, где он измеряется 4-6 ед/км², а иногда 7-10 ед/км² (рис. 7).

Минимальные значения (менее 1) характерны для Высоковской равнины, Загородья, Чечерской равнины и др. В основном же для территорий с развитием форм линейной эрозии их плотность составляет 1-2 ед/км².

Показатель густоты овражно-балочной сети распределяется по территории республики следующим образом (рис. 8). Максимальные значения (0,7-0,9 км/км²) приурочены к возвышенностям Центральной Белоруссии (Гродненской, Новогрудской, Минской, Оршанской), а также к Витебской возвышенности и участку вдоль долины Зап. Двины ниже г. Дисна. Такие же значения характерны для Мозырской гряды, правобережья Сожа на участке от устья Вихры до Кричева и правобережья Днепра на участке Речица - д. Дворец. Густота форм линейной





эрозии на отдельных площадях Новогрудской и Мозырской возвышенностей возрастает до 5-7 км/км².

[На остальной территории с распространением оврагов и балок преобладают значения 0,4-0,5 км/км², причем минимальные величины характерны для Загородья, Высоковской, Чечерской равнин, основной части Ошмянской и Минской возвышенностей (0,1-0,4 км/км²).]

[Важным параметром количественной оценки интенсивности развития линейной эрозии являются скорости роста оврагов. По результатам

Таблица 2

линейной эрозии временных водотоков на территории
русски

Длина, м	Ширина, м	Площадь, км ²	Глубина, м	Форма поперечного профиля
<u>15-50</u> 100	<u>0,5-3</u> 3	0,5	<u>0,3-1</u> 1,5	
<u>100-150</u> 1500	<u>10-30</u> 50	<u>0,5-2</u> 4	<u>5-20</u> 30	
<u>1000-2000</u> 3000	<u>50-100</u> 400	<u>1,5-3</u> 4	<u>10-20</u> 35	
<u>2000-2500</u> 5500	<u>80-150</u> 500	<u>2-5</u> 7	<u>20-40</u> 50	

максимальные.

измерений с помощью реперной сети, мензульной съемки, подсчету длины активных форм по картографическим и дистанционным материалам разных лет, современные средние скорости роста оврагов изменяются в пределах 0,3-3,5 м/год. Примерно такие же результаты получены и другими исследователями [724, 37-39/].

Наиболее интенсивный рост оврагов отмечен на Мозырской, Новогрудской возвышенностях, Могилевской и Горецкой равнинах. Здесь измеренные средние скорости составляют 0,9-3,5 м/год.

[Анализ полученных результатов указывает на существенные изменения интенсивности процесса эрозии временных линейных водотоков, что связано с различными природно-хозяйственными условиями и позволяет говорить о неравномерном и прерывистом развитии эрозионных форм. В настоящее время больше всего на овражную эрозию влияет человек. В условиях интенсивного использования земель скорости роста некоторых оврагов достигают 10-100 м/год.]

Эрозионная и аккумулятивная деятельность рек. По грандиозности созданных форм рельефа деятельность постоянных линейных водотоков не имеет себе равных среди современных геологических (рельефообразующих) процессов на территории Белоруссии. Итогом этой деятельности является густая сеть речных долин, имеющих общую протяженность около 90,6 тыс. км. Конкретные представления о размерах образованных форм и объемах аллювиальных отложений могут быть получены при рассмотрении параметров наиболее крупных долин.]

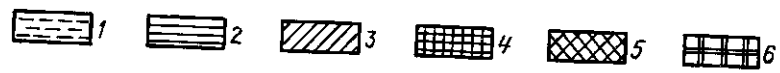
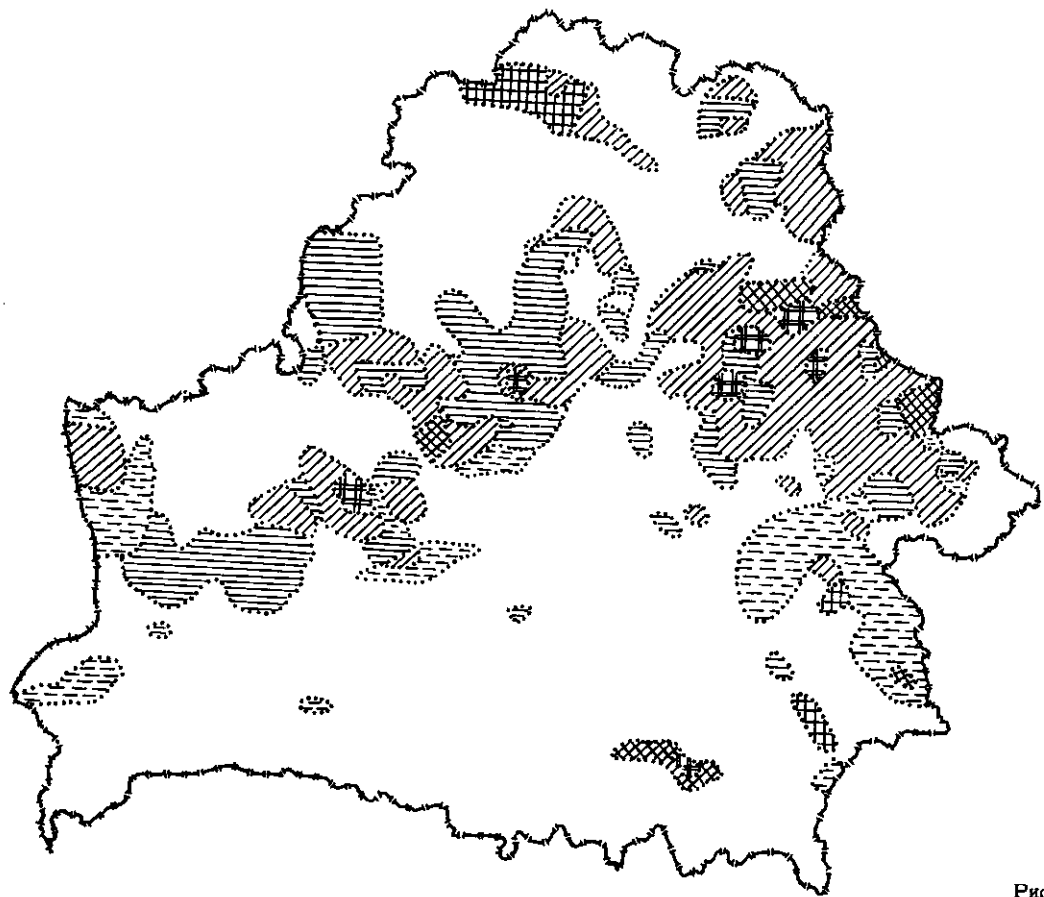


Рис. 7. Плотность форм линейной эрозии, ед/км²: 1 — до 1,0; 2 — 1,1—2,0; 3 — 2,1—4,0; 4 — 4,1—6,0; 5 — 6,1—7,0; 6 — более 7,0

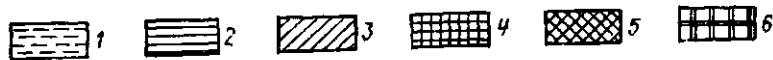
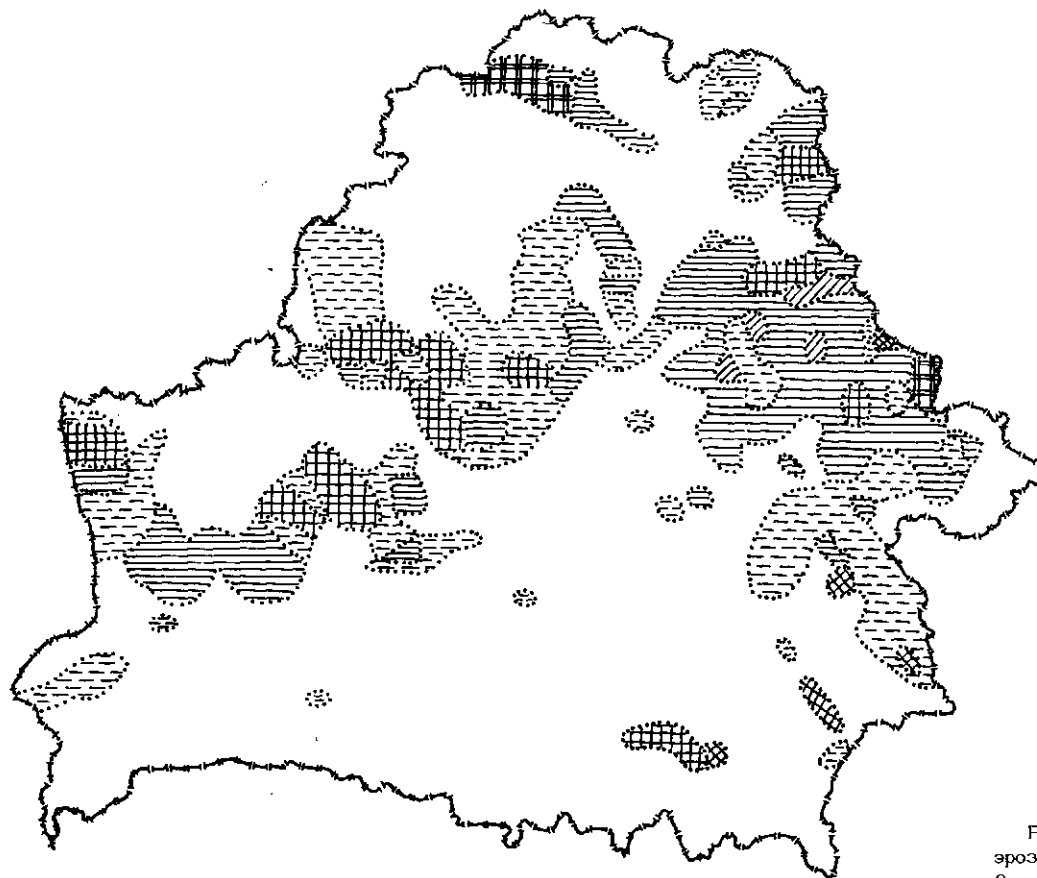


Рис. 8. Густота форм линейной эрозии, км/км²: 1 — 0,40 и менее; 2 — 0,41-0,50; 3 — 0,51-0,60; 4 — 0,61-0,70; 5 — 0,71-0,80; 6 — 0,81 и более

1992

Из имеющихся данных /9, 40-45/ следует, что Зап. Двина на территории республики выработала долину протяженностью 328 км. Глубина вреза за позднеледниковье, голоцен составила выше Витебска 8-17 м, ниже Витебска 12-18 м, ширина соответственно варьирует в интервалах 100-200 и 300-500 м (до 3 км). Значительная часть долины заполнена аллювием, мощность которого колеблется от 0,5-1 до 8-10 м (изредка до 15 м). Общий объем эродированного рекой материала составляет $1,1 \cdot 10^9 \text{ м}^3$, объем отложенного аллювия - $0,5 \cdot 10^9 \text{ м}^3$.

Долина Немана на территории республики имеет протяженность 459 км. За позднеледниковое и голоценовое время река врезалась в более древние аллювиальные и ледниковые отложения на глубину до 10-20 м, ширина вновь образованных террас колеблется от 0,5-0,6 км до 4-5 км, в районе гродненских и мостовских ворот составляет всего 0,1-0,15 км. Мощность аллювия 3-9 м. Рекой эродировано около $19 \cdot 10^9 \text{ м}^3$ отложений, а объем аккумулятивной деятельности оценивается $7,5 \cdot 10^9 \text{ м}^3$.

Долина Днепра имеет в Белоруссии длину 700 км. Ее врез на верхнем участке (севернее Шклова) при выработке поймы составил 15-25 м, ниже по течению - 25-30 м (иногда до 35 м). Мощность пойменного аллювия колеблется от 10-12 м выше Шклова до 15-20 м на остальной части долин. Общий объем эродированных отложений примерно достигает $70 \cdot 10^9 \text{ м}^3$, а аллювия $52,5 \cdot 10^9 \text{ м}^3$. Березина - единственный из крупных водотоков (длина 613 км), который начинается и кончается в Белоруссии. Пойменная часть ее долины имеет глубину в верховье 12-15 м, в низовье - до 15-20 м, ширина варьирует от нескольких сотен метров до 3-5 км и более. Мощность аллювия 10-18 м. Объем выработанной долины составляет $29 \cdot 10^9 \text{ м}^3$, а количество отложенного в ней аллювия - $22,5 \cdot 10^9 \text{ м}^3$.

Долина Сожа протягивается в пределах республики на 493 км, ее пойменный врез достиг 12-25 м, причем большие значения характерны для низовий. Ширина сформированной за голоценовое время террасы также возрастает вниз по течению от 1-2 км до 5-6 км. Мощность аллювия в среднем 8-10 м (до 15 м). Общий объем вреза составляет примерно $31 \cdot 10^9 \text{ м}^3$, в пойме накопилось около $19 \cdot 10^9 \text{ м}^3$ аллювия.

Довольно значительная эрозионная и аккумулятивная работа произведена Припятью. Глубина вреза при выработке поймы, прослеживающейся в Белоруссии на 548 км, составила 12-15 м в верховье, 15-25 м в низовье, ширина - от 1-2 км до 8-9 км, а на участке между устьями Пины и Горыни - 16-18 км. Мощность аллювия варьирует от 10 до 18 м. Полный объем выработанной долины достигает $44 \cdot 10^9 \text{ м}^3$, в том числе $34 \cdot 10^9 \text{ м}^3$ в настоящее время заполнено аллювием.

Остальные реки Белоруссии имеют меньшие параметры пойменных долин, но тем не менее эффект их геологической деятельности весьма значителен, так как общее количество водотоков достаточно велико - 20800. Суммарный объем эродированного ими материала равняется $163 \cdot 10^9 \text{ м}^3$, а отложенного аллювия - $104 \cdot 10^9 \text{ м}^3$.

Деятельность рек сравнительно равномерно проявляется на территории Белоруссии. В качестве одного из показателей интенсивности аллювиальных процессов можно использовать коэффициент горизонтального расчленения рельефа. Среднее значение такого показателя составляет около $0,5 \text{ км/км}^2$. При этом для территории, дренируемой реками бассейна Балтийского моря, наиболее характерны величины

0,5-1 км/км² (пределы колебаний 0,25-1,5 км/км²), а для территории, имеющей сток в Черное море, - 0,25-0,75 км/км² (0,25-1,75 км/км²). При оценке особенностей дифференциации эрозионно-аккумулятивных процессов по площади необходимо также учитывать, что пойменные террасы рек балтийского бассейна значительно уже, врез водотоков и мощность аллювия меньше, чем у рек черноморского бассейна. К тому же в настоящее время в речных долинах в северной и северо-западных частях республики несколько активнее, чем в южной и юго-восточной, протекают эрозионные процессы, а интенсивность аккумуляции изменяется в обратной зависимости.

В целом реками за пределы Белоруссии ежегодно выносятся около 8 млн т веществ в растворенном и взвешенном состоянии /45/, что дает величину среднегодовой денудации поверхности 0,03 мм. Если же рассчитывать, исходя из приведенных выше данных, среднее значение этого показателя за позднеледниковое и голоценовое время, то получится 0,05 мм/год, что вполне согласуется с характером палеогеографических особенностей территории республики, так как в конце поозерского этапа и в начале голоцена эрозионные процессы были интенсивнее современных из-за особенностей климата, растительности, а возможно, и своеобразия тектонических процессов.

Эрозия и аккумуляция в береговой зоне водохранилищ. При создании искусственных водоемов (водохранилищ) в береговой зоне происходит ряд изменений, в том числе активизация различных видов геоморфологических процессов, в частности абразия берегов, плоскостной и линейной эрозии, дефляции, термоэрозии и ледовой эрозии. Наряду с этим в процессе эксплуатации водохранилищ получают развитие аккумулятивные процессы, которые создают различные формы рельефа (косы, пересыпи, валы и т.д.).

По современным оценкам из 120 водохранилищ Белоруссии, находящихся в эксплуатации и имеющих береговую линию суммарной длиной около 1300 км, от 30 до 40%, а в некоторых случаях до 70% составляют берега абразионного типа, 20% - аккумулятивные, 3% - эрозионные.

Развитие процесса абразии происходит преимущественно в приплотинной, наиболее широкой части водохранилищ, причем в условиях наливных водоемов с контурными дамбами переработка откосов достигает 70% от их общей протяженности. На расположение и длину берегов, подвергающихся переработке, оказывает влияние ориентировка котловины и форма береговой линии в плане. С увеличением расчлененности берегов мысами и заливами наблюдается рост протяженности участков, подвергающихся переработке. При повышенной извилистости береговой линии происходит избирательная, локальная переработка склонов, преимущественно на выступающих в акваторию мысах. Напротив, на водохранилищах со спокойной, прямолинейной береговой линией абразия протекает относительно равномерно по всей длине размываемого берега.

Протяженность абразионного берега по водохранилищу в условиях Белоруссии может быть определена по зависимости /46/:

$$L_{\text{абр}} = 0,470 L_1 / K_{\text{из}},$$

где $K_{из}$ - коэффициент извилистости береговой линии, определяемой как

$$K_{из} = L_1 / L_2 ,$$

где L_1 - длина спрямленной береговой линии, L_2 - длина реальной береговой линии.

По форме начального профиля берега, подвергающегося абразии, выделяются две разновидности склона:

обрывистой формы (преимущественно коренные берега водотока), сформированные в естественном состоянии до создания водохранилища (например, отдельные участки береговой зоны водохранилищ Осиповичское, Острошицкий городок);

пологой формы, характерные для широких пойм большинства водотоков республики.

Берега, подвергающиеся разрушению, построены антропогенными отложениями - песками, супесями, реже суглинками с включением гравия, гальки и валунов. Отложения характеризуются пестрым гранулометрическим составом, что определяет в итоге тип абрадируемого

берега. По натурным данным, наиболее распространенными типами абразионного берега являются абразионно-осыпной и абразионно-обвальный. Реже встречаются абразионно-оползневой и просадочные формы береговых склонов. Высота берегов, подвергающихся абразии, изменяется от 1,5-2,5 до 5-12 м. Наибольшие значения линейного отступления бровки абразионного берега (S_t) и объема размываемого грунта (Q_t) показаны в табл.3. Данные о динамике процесса абразии за ряд лет позволили путем статистической обработки результатов наблюдений с помощью ЭВМ рассчитать обеспеченность величин линейной переработки и объемы размыва для условий водохранилищ Белоруссии (табл.4).

Формирование абразионных берегов протекает поэтапно и включает следующие стадии: начальную, интенсивной абразии, затухания или стабилизации процесса. При этом развитие береговой линии зависит как от гидрометеорологических факторов, так и от геоморфологических факторов и условий. В связи со сказанным на берегах водохранилищ руслового типа выделяется три зоны переработки: приплотинная, наиболее широкая часть водоема, где процесс определяется ветровым волнением и колебанием уровней; средняя зона, где обрушение и размыв обусловлены действием как ветрового волнения, так и стоковых течений; верховая, где гидрологический режим водоема близок к русловому. На водохранилищах наливного типа наблюдается разрушение незакрепленных верховых откосов дамб и плотин, находящихся на подветренных берегах.

Процесс абразионной переработки берегов в геологическом смысле является мгновенным и заканчивается на водохранилищах Белоруссии значительными колебаниями уровня через 10-15 лет, а на водных объектах с малыми величинами сработки - через 6-10 лет.

Наличие значительного фактического материала позволило выполнить районирование территории Белоруссии по величине линейных деформаций (S) береговых склонов искусственных водоемов. Как видно из рис.9, по интенсивности процесса абразии на территории республики выделяются ряд зон, которые различаются по морфологии рельефа и форме котловин водохранилищ.

Помимо абразии в условиях водохранилищ Белоруссии наибольшее

распространение имеет русловая эрозия, проявляющаяся на водохранилищах руслового типа, которые обладают вытянутой в плане формой с выраженной верховой зоной, формирующейся под воздействием гидрологического режима, близкого к русловому. В этой зоне скорости сточных течений достигают 0,1-0,3 м/с, что оказывает определенное влияние на береговые склоны и их разрушение. Эрозионные берега получили распространение в северной и центральной частях республики. Объем размывов береговых кромок составляет 1,80-3,20 м³/м. Ширина эрозионных бичевников изменяется в пределах 0,80-1,50 м. В табл.5 приводится характеристика эрозионных берегов ряда водохранилищ.

Плоскостная эрозия береговых склонов развивается в условиях отсутствия дернового покрова, значительных уклонов и нарушенной антропогенной деятельности поверхности откосов. В некоторых случаях после создания водохранилищ в местах старых оврагов или балок изменение базиса эрозии активизирует овражную деятельность. Так, в значительной степени возобновился рост оврагов на водохра-

Таблица 3

Наибольшие значения линейного отступления (S_t) и объема размываемых грунтов (Q_t) абразионного берега для водохранилищ Белоруссии

Водохранилище	Параметр абразионного берега	
	S_t макс, м	Q_t макс, м ³ /м
Заславское	11,50	19,20
Лепельское	33,0	56,70
Солігорское	15,0	9,0
Осіповичское	16,0	20,0
Криницы	7,80	11,0
Дрозды	7,0	4,10
Чижовское	13,50	17,80
Волковичи	29,0	48,50
Вяча	12,80	11,50
Петровицкое	16,0	19,10

Таблица 4

Обеспеченность линейного отступления и объема переработки берегов водохранилищ Белоруссии

Параметр, ед. измерения	Обеспеченность P, %					
	3	10	25	50	75	95
Водоёмы с колебанием уровней более 0,5 м						
S_t , м	30,0	-	18,0	12,5	7,0	3,0
Q_t , м ³ /м	48,0	-	30,0	30,0	6,0	2,0
Водоёмы с колебанием уровней менее 0,5 м						
S_t , м	-	14,0	12,30	10,60	8,50	6,0
Q_t , м ³ /м	-	17,0	15,0	10,40	7,60	5,0

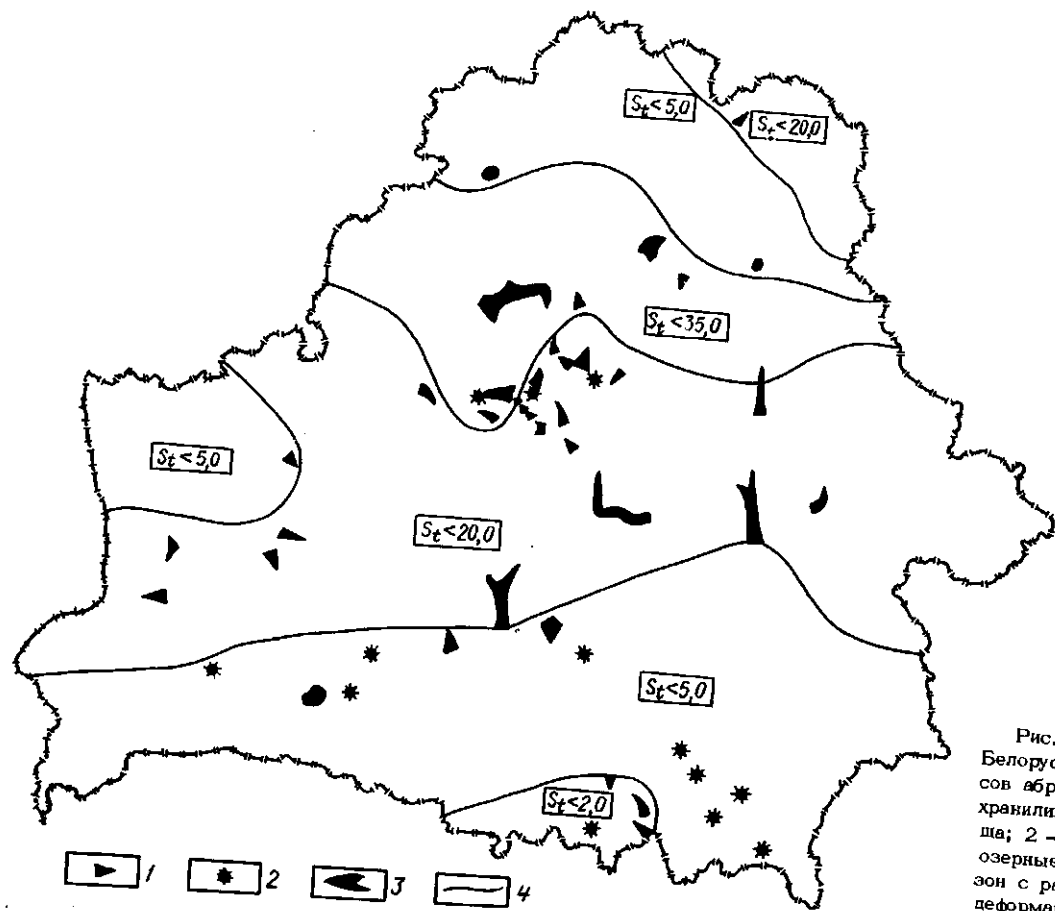


Рис.9. Районирование территории Белоруссии по интенсивности процессов абразии береговых склонов водохранилищ: 1 — русловые водохранилища; 2 — наливные водохранилища; 3 — озерные водохранилища; 4 — границы зон с разной величиной линейных S_t деформаций береговых склонов водохранилищ

Таблица 5

Характеристика эрозионных берегов водохранилищ

Водохранилище	Преобладающие отложения	Протяженность, км	Высота, м	Объем размыва, м ³ /м	Ширина бичевника, м
Заславское	Песок среднезернистый, мелкий гравий	0,50	1,0	1,20	3,0
Криницы	Песок среднезернистый	0,20	1,70	1,40	3,20
Дрозды	Песок крупнозернистый	1,50	1,20	1,50	2,70
Волковичи	Песок мелкозернистый	0,60	0,50	0,50	2,0
Комсомольское озеро	Песок среднезернистый	1,20	0,70	1,0	1,80
Петровицкое	То же	0,70	1,0	1,20	2,50
Бобруйковское	Песок мелкозернистый	0,40	1,10	1,30	2,0

нищах Дубровском и Волковичи, расположенных в пределах Минской возвышенности. Такая же картина наблюдается в условиях водохранилища Лешня на Мозырской возвышенности. На ряде водоемов (Карачунка, Криница, Дрозды, Чижовское) после их заполнения овраги образовались на участках береговой линии, которая подвержена активной абразии. Рост оврагов происходит на второй и третьей стадиях формирования абразионных склонов.

Форма поперечного профиля оврагов близка V-образной, глубина отдельных форм колеблется в интервале 1,5-2,5 м, длина - 15,0-40,0 м.

На берегах водохранилищ эрозия может проявляться также в виде мелких промоин глубиной в устье 0,5-1,0 м и длиной до 5-10 м. Впоследствии, как показали наблюдения, промоины-борозды могут переходить в овраги (водохранилища Криница, Карачунка и др.).

Меньше всего распространены на склонах водохранилищ термоэрозия и дефляция. Термоэрозия наблюдается на обнаженных, обрывистых берегах, сложенных супесями и суглинками. Дефляция отмечена на многих водохранилищах, особенно в зимний период, однако ее интенсивность невелика. Наиболее развиты дефляционные процессы на Лепельском водохранилище, где слой мелкозернистого песка, перенесенного ветровым потоком за период с 1971 по 1984 г., составил в среднем 0,50 м.

Практически на всех водохранилищах республики имеет место и ледовая эрозия, которая развивается в результате надвигания льда на береговой склон. После стаивания ледового покрова на деформированном береговом склоне остаются вдольбереговые валы высотой 0,5-0,7 м и длиной до 50-100 м. В связи с тем что движение льда в береговой зоне водохранилищ с последующим его наполнением (под действием ветра и дрейфовых течений) на береговой склон происходит при пониженных уровнях в водоеме, с подъемом воды возникшие экзарационные валы затапливаются и разрушаются ветровым волнением.

Аккумулятивные берега на водохранилищах образуются лишь при наличии абразионных береговых склонов в тех случаях, когда процесс берегоформирования идет продолжительное время. При достижении абразионными берегами устойчивого состояния, так называемой третьей стадии формирования, однонаправленные деформации склона приближаются к нулю, возникают вдольбереговые потоки наносов,

которые и ведут в конечном итоге к развитию аккумулятивных форм. В дальнейшем по мере стабилизации процесса абразии устанавливается определенное соотношение протяженностей абразионных и аккумулятивных типов берегов. Преобладание в этот период процесса аккумуляции ведет к общему спрямлению и выработке равновесной, устойчивой береговой линии. Морфометрический показатель $K_M = L_{ак} / L_{абр}$, где $L_{ак}$, $L_{абр}$ - соответственно протяженность аккумулятивных и абразионных берегов в водохранилище, показывает, на какой стадии развития находится береговая линия (табл.6). Аккумулятивное выравнивание берегов так же, как и процесс абразии, протекает стадийно. Выделяются следующие три стадии:

Таблица 6

Соотношение протяженностей абразионных и аккумулятивных берегов водохранилищ Белоруссии

Водохранилище	Длина абразионных берегов $L_{абр}$, км	Длина аккумулятивных берегов $L_{ак}$, км	Соотношение $K_M = \frac{L_{ак}}{L_{абр}}$
Заславское	3,50	2,30	0,66
Криницы	0,80	0,60	0,75
Дрозды	1,20	0,85	0,71
Чижовское	1,10	0,90	0,82
Вяча	1,50	1,30	0,87
Осиповичское	2,0	1,80	0,90
Лепельское	3,0	2,70	0,90
Петровичское	1,10	0,60	0,55
Цнянское	0,50	0,10	0,20

Таблица 7

Характеристики аккумулятивных береговых форм на водохранилищах Белоруссии

Водохранилище	Зоны водохранилища	Тип аккумулятивных образований	Длина, м	Ширина, м	Объем грунта, м ³	Тип грунта
Лепельское	Низовая	Занесение залива	130,0	70,0	4550,0	Песок мелкозернистый
Заславское	Средняя	Пересыпь	50,0	1,50	2750,0	Песок среднезернистый
Криницы	"	"	800,0	5,0	3000,0	Песок мелкозернистый
Дрозды	Низовая	Коса	60,0	2,0	360,0	То же
Чижовское	"	"	25,0	0,5	30,0	"
Вяча	"	"	20,0	3,5	130,0	"
Чижовское	Средняя	Занесение залива	50,0	30,0	560,0	Песок среднезернистый
Вяча	Низовая	Пересыпь	30,0	3,0	100,0	Песок мелкозернистый
Волковичи	Средняя	Занесение залива	100,0	50,0	1500,0	Песок среднезернистый
	Низовая	То же	30,0	25,0	200,0	То же
Петровичское	"	Пересыпь	100,0	3,0	800,0	Песок мелкозернистый
Осиповичское	"	Занесение залива	180,0	50,0	150,0	То же

переходная; интенсивного роста и развития аккумулятивных форм (кос, пересыпей и т.д.); окончательного формирования аккумулятивных форм, что ведет к образованию равновесной береговой линии.

Длительность стадий абразионно-аккумулятивного выравнивания в общем случае охватывает период от 15 до 30 лет. В условиях водохранилищ с большим уровнем сработки этот период составляет от 25 до 30 лет (водохранилища Заславское, Лепельское, Солигорское), при малых сработках уровня в водоеме - 15-20 лет (водохранилища Осиповичское, Чигиринское, Вяча).

Как показали натурные исследования, на водохранилищах, находя-

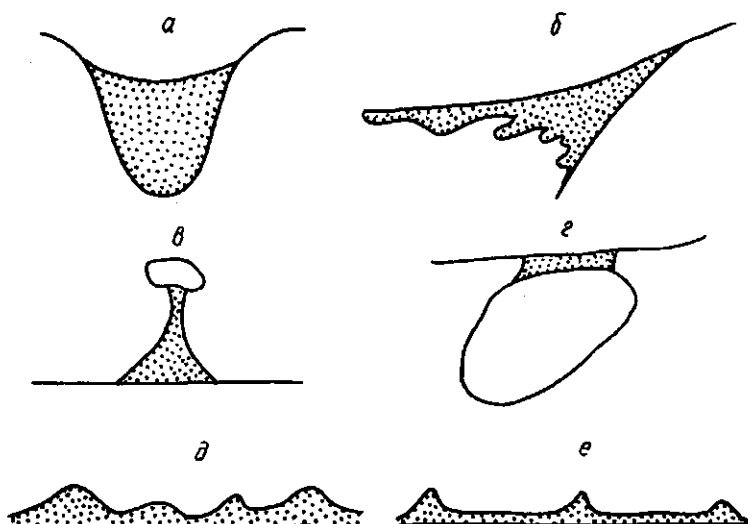


Рис. 10. Схема аккумулятивных образований в береговой зоне малых водохранилищ: а — заполнение входящего угла, б — коса, в — перейма, г — пересыпь, д — фестоны, е — расчленение береговой линии аккумулятивными мысами

щихся в эксплуатации от 5 до 8 лет, при отсутствии вдольберегового потока наносов не происходит и формирование аккумулятивных образований. В то же время на водохранилищах, на берегах которых абразионные процессы развиваются длительное время и береговая отмель имеет ширину до 12-15 м, наблюдается вдольбереговое перемещение наносов, образующее различные аккумулятивные формы (рис. 10). Эти формы слагаются исключительно из песчаного материала различной крупности. Глинистые, тонкодисперсные частицы уносятся в акваторию водоема. В табл. 7 приведены некоторые параметры аккумулятивных типов берегов.

Суффозия и карст. Суффозия и карст - сложные физико-химические процессы, сочетающие химическое растворение, механический вынос и эрозионный размыв. Все эти механизмы действуют одновременно, хотя один из них, как правило, преобладает. В результате проявления суффозии образуются разнообразные формы поверхностного (просадки, западины, провалы, колодцы и др.) и подземного (тоннели и др.) рельефа.

На территории Белоруссии суффозия - один из довольно распрост-

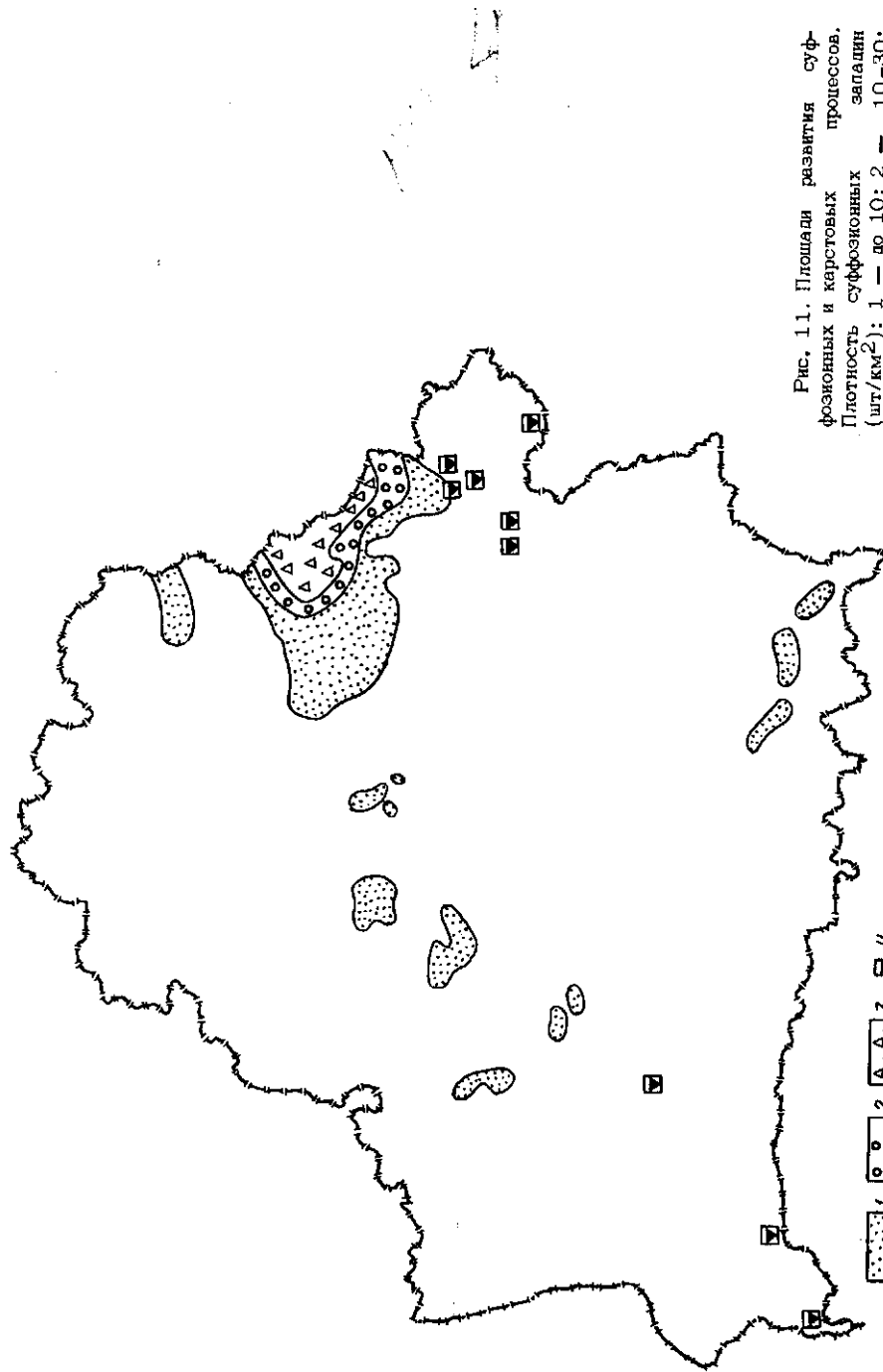


Рис. 1.1. Площади развития суффозионных и карстовых процессов. Плотность суффозионных западин (шт./км²): 1 — до 10; 2 — 10-30; 3 — более 30; 4 — участки проявления карста

раненных экзогенных геологических процессов (рис.11). Благоприятные условия для ее развития складываются в пределах равнин и низин (Лучосинской, Горецкой, Могилевской, Костюковичской, Чечерской, Стрешинской, Хойникской и др.), а также возвышенностей (Минской, Новогрудской, Оршанской, Копыльской, Мозырской и др.) с покровом лессовидных отложений. Наиболее типичной суффозионной формой являются западины. Они встречаются во всех районах распространения лессовидных отложений, за исключением Мозырской возвышенности. Западины представляют собой неглубокие, чаще округлые понижения.

На лессовидных отложениях незначительной мощности нередко встречаются также ложбинообразные формы, когда длина в 2-3 раза превосходит ширину. Относительная глубина суффозионных понижений 0,1-1,5 м, иногда достигает 3,0 м. Площадь колеблется от 100 до 20000 м² при диаметре (ширина вытянутых форм) от 30-50 м до 100-120 м. Западины часто располагаются в виде цепочек по плоским тальвегам, иногда объединяются в массивы. [Общая площадь суффозионного рельефа в пределах Белоруссии составляет 1200 км².] Количество и размер западин находится в прямой зависимости от мощности лессовидных отложений (70% общей площади западин приходится на участки с мощностью лессовидных отложений более 4 м).

[Влияет на интенсивность проявления суффозии и рельеф. Например, западины отсутствуют на плоских поверхностях с превышением до 1-2 м, при развитии овражно-балочных форм с глубиной вреза до 15-20 м и более, а также на коротких крутых склонах (Мозырская гряда, отдельные участки Минской, Новогрудской возвышенностей). В юго-восточной части Минской возвышенности, в пределах Хойникской, Стрешинской, Чечерской и некоторых других равнин и низин в связи с малой мощностью лессовидных отложений (нередко 1 м и менее) суффозионные процессы имеют малую интенсивность и поэтому количество западин здесь сравнительно невелико. [Наибольшая же плотность суффозионных форм (70-80 и более на 1 км²) приурочена к районам с волнистым (превышения 6-7 м) и полого-волнистым (превышения 2-3 м) рельефом и мощным чехлом лессовидных отложений. Такие условия для развития суффозионных процессов сложились в восточной части Могилевской и на Горецкой равнинах.]

[К суффозионным формам относятся также циркообразные ниши, встречающиеся по бортам оврагов, балок, склонам речных долин. Наиболее выражены такие формы в пределах Мозырской и Новогрудской возвышенностей. Вдоль рек они изредка попадают на Оршанской возвышенности и Могилевской равнине. Эти образования не отличаются крупными размерами и достигают в поперечнике 4-5 м.]

Активизация суффозионных процессов может вызвать образование колодцев и тоннелей. В Белоруссии такие формы особенно характерны для Мозырской возвышенности, где они располагаются в верховьях оврагов /47/.

[В естественном состоянии суффозионные западины преимущественно заболочены, закустарены и не используются в сельском хозяйстве. Попытки их мелиорации пока не приносят положительных результатов. Через несколько лет западины опять проявляются в рельефе и зарастают сорняками. Некоторые из наиболее крупных их разновидностей служат объектом добычи торфа.]

[Карстовые процессы в Белоруссии заметно развиты только в ее

юго-западной и крайней восточной частях (см. рис. 11). Условия карстообразования на этих территориях различаются. Карстующимися в обоих случаях являются меловые породы. На востоке Белоруссии они перекрыты маломощным чехлом (до 10-15 м) ледниковых отложений. Кровля мела здесь сравнительно приподнята - до 150-160 м. В Брестской области на меловых породах залегает толща антропогенных отложений (30-40 м), а абсолютные отметки кровли мела колеблются в основном в интервале 80-120 м. Неодинаковые условия залегания карстующихся пород привели и к разной форме проявления карстовых процессов. Так, в юго-западной Белоруссии эти процессы способствуют возникновению довольно крупных котловин, которые заняты озерами. По данным О.Ф. Якушко, Л.Б. Науменко /48/, Л.Б. Науменко /49/, карстовый генезис имеют котловины Белого, Черного, Луковского, Соминского, Вульковского, Меднянских и некоторых других озер. При этом глубины озерных ванн могут достигать 15-20 м и более, а площадь - 3-5 км². Упомянутые выше исследователи объясняют своеобразие карста этого района влиянием тектоники и особенно наличием активных разломных зон.

В Восточной Белоруссии карст обусловил появление на земной поверхности довольно многочисленных, но небольших по площади и неглубоких западин. Только изредка в таких понижениях возникают малые озера. Обычно диаметр карстовых депрессий в бассейне Удоги не превышает 50-70 м, в районе Кричева - 30-70 м, в Славгородском районе - 40-50 м (до 200 м), в Костюковичском - 50 м, в Ветковском - 200-300 м. Глубина их, как правило, варьирует в диапазоне 0,3-3 м, изредка достигает 5 м (левобережье Беседи и др.).

Гравитационные процессы. Смещение отложений под влиянием силы тяжести происходит по-разному. В соответствии с этим на территории Белоруссии различаются медленное перемещение материала на склонах (крип) и процессы, идущие с высокой скоростью (обвалы, осыпи, оползни, селеподобные потоки). Необходимое условие протекания таких процессов - сравнительно крутые склоны (более 2° для крипа, более 15-20° для оползней, обвалов, осыпей). На территории Белоруссии подобные условия развиты на значительных площадях (до 45% всей территории) и предопределены как естественными особенностями земной поверхности, так и хозяйственной деятельностью, что обуславливает значительное разнообразие рассматриваемых процессов, изученных, к сожалению, недостаточно.

Обвалы, осыпи и оползни чаще всего приурочиваются к долинам крупных рек (Зап. Двина, Днепр, Березина, Сож, Неман, Припять) и некоторых их притоков, особенно на тех участках, где водотоки прорезают возвышенности и гряды (рис. 12). Заметны эти процессы в прибрежной полосе ряда озер (Нарочь, Мядель, Езерище, Богинское, Ричи и др.), на площадях развития крупных овражно-балочных систем (Мозырская, Новогрудская возвышенности, коренные склоны долин Днепра, Сожа, Немана и некоторых других рек), в береговой зоне водохранилищ, практически во всех карьерах, на некоторых дорожных выемках. Объемы перемещаемых пород обычно не превышают 2-3 тыс. м³, а чаще всего измеряются сотнями кубических метров.

Изредка наблюдающиеся на территории Белоруссии селеподобные потоки тяготеют к районам наибольших перепадов высот, распространения лессовидных отложений и овражно-балочных систем (Новогрудская и Мозырская возвышенности, Могилевская равнина). В процессе

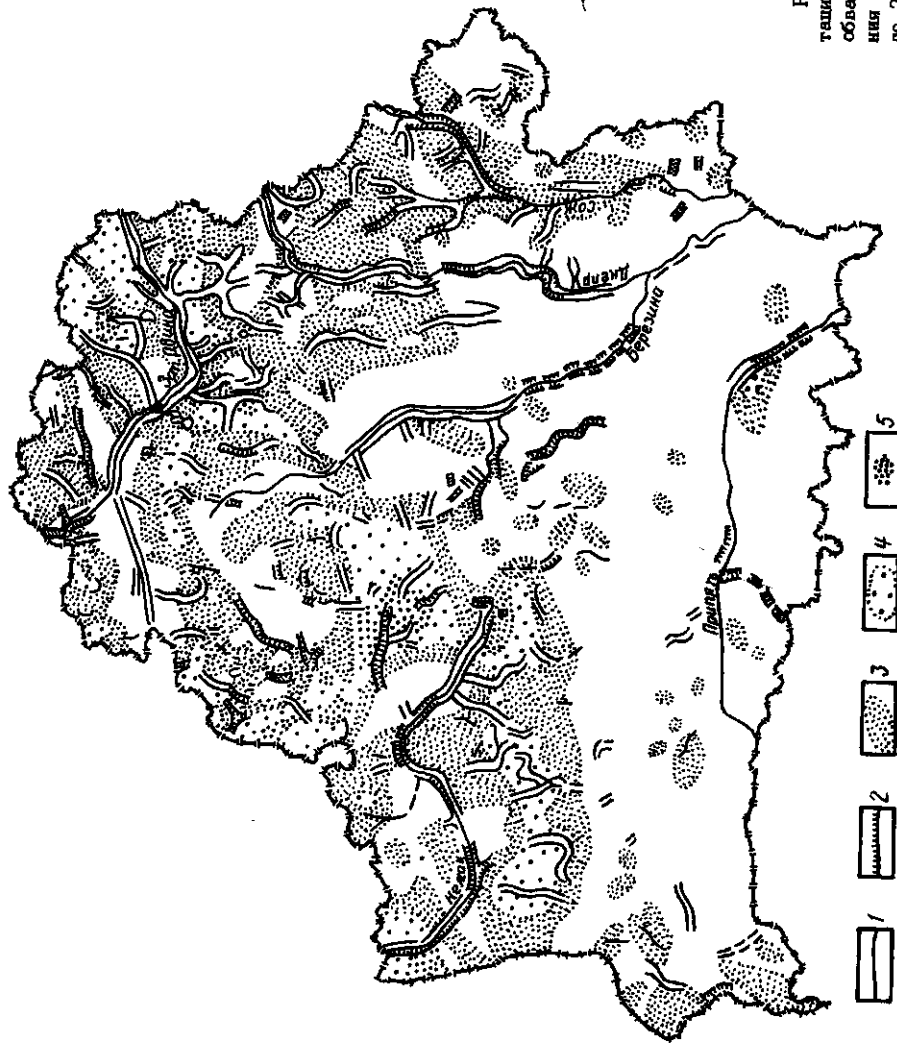


Рис. 12. Схема проявления гравитационных процессов: 1 — оползни; 2 — обвалы и осыпи; площади распространения и скорости хрипа (мм/год); 3 — до 20; 4 — 2,1—4,0; 5 — более 4

прохождения одного селеподобного потока может уничтожаться до 1/4 га пашни, иногда заносятся улицы и отдельные дома. Так, известен факт, когда после ливня в совхозе "Чаусский" Могилевской области для очистки улиц пришлось применять бульдозер, а у д. Галузы в течение нескольких часов было вынесено около 3 тыс. м³ грунта /20/. Наиболее развит на территории Белоруссии из гравитационных процессов крип, или медленное движение материала на склонах в результате периодического изменения термического режима и увлажнения. Проведенные полевые наблюдения позволили установить, что в течение года подвижные репера на склонах смещаются преимущественно в интервале 0-10 мм, изредка эта величина достигает 30-40 мм, а в единичных случаях даже 160 мм. Крип характерен для слоя покровных отложений мощностью около 0,5 м. Для рассматриваемого процесса свойственна частая смена знака движения по профилю склона и во времени. При этом перемещение грунтов в разные годы на одних и тех же участках может быть направлено в противоположные стороны.

Абсолютные значения скорости в целом прямо зависят от угла наклона, но направление движения не связано с этим показателем и, очевидно, определяется геологическим строением и другими локальными условиями развития крипа, которые могут меняться от года к году. Поэтому средние многолетние значения скоростей уступают их величине, измеренной в течение одного года. Усредненные значения приведены на рис. 12. Неравномерный характер движения грунтов способствует тому, что на склонах возникают чередующиеся зоны сжатия и растяжения. На участках, где особенно велики напряжения растяжения, может происходить разрыв сплошности грунтов, и в таких условиях формируются террасеты. Подобные микроформы рельефа неоднократно наблюдались в пределах Мозырской гряды, на склонах положительных форм рельефа и долин в зоне Центрально-Белорусских возвышенностей и гряд.

Биогенные процессы. В формировании и преобразовании земной поверхности важную роль играют живые организмы. Чтобы в полной мере оценить их роль в морфогенезе, отметим, что помимо осадконакопления они определяют состав атмосферы и в значительной степени гидросферы. Состав же атмосферы влияет на климат, а климатические особенности в свою очередь на ход выветривания горных пород. Органическое вещество принимает участие и в транспортировке материала, причем перенос осуществляется как механическим путем, так и в растворенной и коллоидной форме.

Осуществляя в различной форме преобразование горных пород, транспортировку и осаждение материала, живые организмы тем самым являются активными участниками процессов лито-, морфогенеза и соответственно изменения земной поверхности. К сожалению, вопросы биогенного морфогенеза на территории республики специально не изучались, потому приводимая ниже характеристика в основном базируется на результатах общих геологических и инженерно-геологических работ, исследованиях почвоведов и болотоведов.

Каковы же особенности современных биогенных процессов рельефообразования в Белоруссии? Прежде всего можно подчеркнуть, что на довольно большой площади происходит накопление торфа и формирование болотных равнин и низин. Максимальная мощность торфяных залежей достигает 11 м (торфяной массив Ореховский Мох в Пуховичском

районе Минской области), но преобладают значения до 5-6 м.

Торфяные болота развиваются при высоком стоянии грунтовых вод, определенной растительности и тяготеют преимущественно к наиболее низким отметкам земной поверхности, хотя сами отметки в пределах различных районов могут колебаться в значительном интервале. Накопление торфа происходит двумя путями: при избыточном увлажнении суходольных пространств, при зарастании озер и других водоемов.

Накопление современных торфяников Белоруссии началось в поозерское позднеледниковье и продолжалось в течение всего голоцена. На этом общем фоне выделяется несколько этапов, когда заболачивание территории протекало особенно активно. Такие этапы обычно связываются с изменениями климата и в меньшей степени с тектоническими процессами. По данным С.Кульчиньского /50/, выделяются две фазы интенсивного развития болот в Полесье: позднебореальная (преимущественное заторфование водоразделов) и атлантическая (заторфование речных долин). По результатам детального палинологического изучения разрезов голоцена установлено, что заметное увлажнение климата и соответственно активизация болотных процессов происходили в бореальный, атлантический и суббореальный периоды.

В настоящее время общая площадь, на которой происходило в голоцене накопление торфа в Белоруссии, составляет около 2,5 млн га, т.е. около 12% всей территории /51/. При этом в Брестской области заторфовано 20,4% всей площади, в Минской - 14,1, в Гомельской - 12,6, в Витебской - 9,0, в Могилевской - 7,8, в Гродненской - 6,6% /52/.

Различаются низинные (грунтового питания), верховые (преимущественно атмосферного питания) и переходные (смешанного питания) торфяники. Процессы накопления низинного торфа в Белоруссии преобладали. Эти процессы развивались примерно на 81% площади всех болот, причем основные массивы низинного торфа приурочены к центральной и южной частям республики. На территории Белорусского Полесья обширные и открытые низинные болота получили название "галы".

Самые крупные низинные торфяники по площади занимают десятки тысяч гектаров: Великий Лес (Кобринский, Дрогичинский районы) - 40,1 тыс. га; Выгонощанское болото (Ляховичский, Ивацевичский и Ганцевичский районы) - 34,9; Гричин (Лунинецкий, Солигорский районы) - 32,9; Загальский массив (Любанский, Октябрьский районы) - 32,5; Погонянское болото (Брагинский, Хойникский районы) - 28,4; Булев Мох (Житковичский, Солигорский районы) - 27,9; Хольча (Лунинецкий, Пинский и Столинский районы) - 25,6; Обровское болото (Ивацевичский, Березовский и Ивановский районы) - 22,9; Дикое болото (Пружанский, Свислочский районы) - 21,7 тыс. га и др.

Чаще всего поверхность низинных торфяников плоская, слабоогнутая или пологонаклонная. Иногда различается ярусность (террасированность) с превышением уровней 0,5-1 м /53/. Из форм мезорельефа выделяют пологоврезанные западины и котловины, в наиболее пониженных частях которых и сейчас существуют озера. Для низинных торфяников также характерна микрозападинность и микроволнистость. Иногда представлен своеобразный грядово-мочажинный рельеф. По данным Н.И.Пьявченко /54/, такая разновидность микрорельефа воз-

никает при образовании морозобойных трещин в верхнем мерзлом слое торфа. Эти трещины проходят параллельно поверхности торфяника. Трещины возникают под напором воды, вызывающим и изгиб поверхности. Со временем высота грядок несколько увеличивается, а у подножия появляются мочажины. При небольших уклонах разрывы располагаются беспорядочно, поэтому отсутствует ориентировка микрогряд.

Верховые торфяники занимают около 16% площади всех болот. С ними связываются самые мощные залежи торфа - до 10-11 м. Распространены эти образования повсеместно, но наибольшее их количество тяготеет к Северной Белоруссии. Площадь самых крупных залежей верхового типа измеряется десятками тысяч гектаров. Например, наиболее известное верховое болото Межч (Лельчицкий, Житковичский районы) занимает 21,9 тыс. га. Характерной особенностью поверхности болот рассматриваемого типа является ее выпуклая форма, причем превышение центральных частей над окраинными может достигать 5-7 м. Из форм нано-, микро- и мезорельефа выделяются, как и у низинных торфяников, кочки, грядово-мочажинный рельеф, пологие котловины, в наиболее пониженных местах которых встречаются озера. В таких случаях торфяник приобретает волнистую поверхность с рядом выпуклых и вогнутых участков.

Переходные болота занимают промежуточное положение между низинными и верховыми. На их долю приходится около 3% площади всех болот. Наибольшие торфяники переходного типа приурочены к Могилевской, Брестской и Витебской областям.

Говоря о биогенном рельефообразовании, нельзя не остановиться на процессах заполнения осадками озерных котловин. По данным О.Ф. Якушко /55/, примерно 13% озер республики характеризуются преобладанием среди донных отложений органического вещества. Мощность таких отложений достигает 15 м и более (оз. Судoble), но чаще составляет 5-6 м. Накопление органогенных озерных отложений, так же как и торфа, в конечном итоге приводит к уменьшению расчлененности поверхности, способствует ее выравниванию.

Кроме заполнения озерных котловин, образования торфяных низин и равнин в результате процессов биогенного морфогенеза на территории Белоруссии сформирована серия других форм микро- и нанорельефа (муравейники, бобровые хатки, норы, кротовины и др.). Своеобразные сооружения - муравейники. Их надземный купол состоит из растительных остатков, в основании часто встречаются пни. Самые большие муравейники могут иметь высоту до 3 м и диаметр основания также до 3 м.

Создателями интересных построек являются бобры. Их хатки достигают в высоту 3 м, поперечник этих форм имеет размеры до 12 м. Бобры могут сооружать плотины длиной до 100-200 м. В прошлом, когда численность животных достигала значительных величин, они могли играть более существенную роль в изменении рельефа. В частности, запруды на реках вызвали подъем уровня воды, что усиливало подмыв берегов, содействовало возникновению некоторых локальных "террасовых" уровней и пр. Да и в наше время приходится сталкиваться с подобными фактами. Например, на р. Глебовичи бобровая плотина имела длину 140 м, высоту до 1,8 м при ширине основания 4 м. Возле плотины образовался водоем площадью 2,5 га. На р. Смолинца в Березинском заповеднике аналогичное сооружение длиной 210-215 м способствовало появлению водоема площадью 9 га /56/.

Заметную работу по преобразованию земной поверхности проводят кроты. Они создают густую сеть подземных ходов. Результат их деятельности - многочисленные холмики-кротовины. Эти формы влияют на водный режим грунтов и могут благоприятствовать развитию эрозионных процессов. По данным П.А.Эггинтона /57/, кроты перемещают в год до 30 т грунтов на площади в 1 га.

Остальные формы биогенного генезиса не играют существенной роли в формировании облика земной поверхности и поэтому подробнее не рассматриваются.

В заключение необходимо отметить, что кроме непосредственного участия в морфогенезе на территории Белоруссии живые организмы играют важную косвенную роль в преобразовании рельефа, благоприятствуя или, наоборот, сдерживая развитие тех или иных геоморфологических процессов. Остановимся на некоторых конкретных примерах. Растительный покров резко замедляет плоскостную эрозию. Специально выполненные расчеты свидетельствуют, например, что на территории Загородья при распашке снос в год составляет 10-20 т/га и более, на Мозырской гряде - 30-60 т/га и более, на Копыльской гряде - 20-30 т/га и более и т.д., а под густым травяным покровом эти показатели убывают до 0,3 т/га. К таким же выводам приводит и анализ строения склоновых отложений. При сведении растительного покрова мощность гумусированного слоя у подножий по сравнению с вершинами резко возрастает, а на участках с густой естественной растительностью подобного не отмечается, т.е. при уничтожении растительности плоскостная эрозия и соответственно аккумуляция активизируются.

Существенно влияют животные и растения и на ход линейной эрозии, причем направленность их деятельности различная. Животные, прокладывая тропы по крутым склонам, способствуют развитию оврагов. Так в процессе полевых работ на Мозырской гряде было отмечено, что в местах спуска скота к водопою, а также вблизи деревень по путям движения домашних животных закладываются небольшие овраги глубиной до 3-5 м. При этом по мере роста оврага скотобойная тропа смещается в сторону и постепенно образуется новая эрозионная форма, примерно параллельная первой и т.д. Подобная картина наблюдалась на склонах балки у д.Гурины на участках, расположенных на расстоянии 1000-1100 и 1355-1455 м от ее устья. На этих отрезках уже в послевоенное время возникла серия мелких оврагов через каждые 5-10 м. Очевидно, в прошлом такие процессы могли происходить и за счет движения на водопой диких животных.

В противоположность сказанному растительный покров обычно задерживает рост оврагов или даже останавливает подобный процесс. С другой стороны, наличие лесной растительности приводит иногда к изменению характера развития стенок оврагов. Корни деревьев могут препятствовать тонкоструйчатому сносу материала, его оползанию, т.е. выколаживанию склонов, в результате чего при продолжающемся линейном врезе по тальвегу крутизна стенок достигает таких величин, при которых на бортах оврагов начинают происходить обвалы.

Живые организмы являются одной из причин развития и такого типа линейной эрозии, как тоннельная. Детальное изучение тоннельной эрозии в пределах Мозырской гряды, где она представлена довольно широко в виде цепочки колодцев глубиной до 1,5-2 м и диаметром 0,5-1,5 м, соединенных подземным каналом диаметром в

несколько десятков сантиметров, показало, что зарождение этих процессов нередко связано с корнями растений или ходами землероев.

Чтобы завершить характеристику биогенного морфогенеза на территории Белоруссии, отметим важную роль растительности в развитии эоловых процессов. Изучение дюн и других эоловых форм, в большей части закрепленных в настоящее время, свидетельствует о том, что за время их существования при сведении или разреживании растительного покрова эоловые процессы неоднократно активизировались. Этапы стабильного развития отразились в формировании 2-3 погребенных почвенных горизонтов. [Для понимания некоторых процессов морфогенеза интересным также представляется снижение уровня грунтовых вод под влиянием лесов, что иногда препятствует развитию болот. Сведение лесов на таких пониженных участках, наоборот, может способствовать началу торфонакопления.]

Эоловые процессы. [Эоловые процессы объединяют эрозионную деятельность (дефляцию), перенос и аккумуляцию материала.] О геологической деятельности ветра обычно судят по ее видимым проявлениям. [Для территории Белоруссии это чаще всего песчаные эоловые аккумуляции различной формы, размеров и возраста, иногда образующие скопления и массивы площадью до нескольких квадратных километров. Наиболее распространены небольшие и песчаные гряды высотой до 2-3 м различной ориентировки, частично переработанные эоловыми процессами формы другого генезиса; например береговые валы, камы. [Отмечаются задернованные крупные гряды (до 15 м и выше), сформировавшиеся в доголоценовое и раннеголоценовое время в иных природных условиях.] Вопросов накопления лессов данная работа не касается. Эрозионная деятельность эолового процесса обращает на себя внимание, как правило, только в экстремальных случаях, когда в результате интенсивной хозяйственной деятельности происходят "черные бури" или в короткий срок выдувается верхний плодородный горизонт автоморфных песчаных почв и начинается движение песков. Повседневная, или местная, ветровая эрозия, на которую приходится основная доля работы процесса, становится заметна только при общем анализе за большой промежуток времени, например оценке эродированности почв.]

[Котя главной движущей силой процесса служит ветер, его проявление и интенсивность зависят от многих условий: механического состава поверхностных отложений, типа и состояния почвенно-растительного покрова, сочетания термических условий и увлажнения, хозяйственной деятельности. Наиболее благоприятные природные условия для эолового процесса складываются в аридной зоне. В умеренных условиях Белоруссии на деятельность ветра накладывается множество ограничений. В частности, зональный лесной тип растительности полностью исключает возможность дефляции и эоловой аккумуляции в естественных условиях. Возможным эоловый процесс становится только при интенсивной хозяйственной деятельности. Так, массовое сведение лесов и сплошная распашка земель во второй половине XIX в. привели к тому, что дефляция была замечена и серьезно оценена как процесс, способный превратить Полесье во вторую Сахару /58/. К прошлому веку, видимо, относится возникновение большинства эоловых массивов территории республики, перевеваемых в настоящее время.]

1

Эрозирующее действие ветра на обнаженную поверхность начинается со скоростью 6,5 м/с для автоморфных и 8-9 м/с для органогенных почв (осушенных торфяников) /59/. При этом более 80% переносимых частиц приходится на двадцатисантиметровый слой над поверхностью земли. И лишь ветры со скоростью более 15 м/с способны поднять отдельные частицы на высоту в несколько сотен метров, когда возникает явление "черной", или пыльной, бури. Осаждение материала происходит при заметно более низких скоростях ветра, чем отрыв. Поэтому частицы способны находиться в воздухе довольно долго после уменьшения скорости ветра ниже критической. Справочник по климату СССР /60/ дает приблизительно одинаковое по территории Белоруссии распределение ветра по скоростям. Вероятность ветров выше 6-7 м/с в среднем составляет 15-20%, выше 8-9 м/с - 5-10%, выше 15 м/с - доли процента.

Частицы грунта по-разному реагируют на воздействие ветра. Экспериментальные данные, полученные в аэродинамической трубе, говорят о том, что больше всего дефляции поддаются частицы диаметром около 0,1 мм, т.е. крупный алеврит. Для более крупных и более мелких частиц критическая скорость возрастает /61/, причем частицы менее 0,01 мм и крупнее 10 мм практически не поддаются дефляции: первые из-за способности к набуханию и сцеплению между собой, вторые из-за чрезмерно высоких критических скоростей ветра - более 30 м/с. Органогенные почвы осушенных торфяников имеют свою специфику в отношении эрозии, что отражается и на критической скорости ветра. Важным для понимания дефляции свойством торфа является потеря способности к набуханию при степени разложения более 45% после сильного высушивания /62/. Для болотных массивов, особенно мелкозалежных, характерно наличие большого количества песчаных островов. Такое положение способствует более интенсивному развитию ветровой эрозии, так как песчаные почвы перемещаются при значительно меньших скоростях ветра, чем торфяно-болотные. Выносимый с островков песок разрушает почвенную корку торфяно-болотных почв, после чего дефляция распространяется и на них /59/. Реальная сопротивляемость грунта ветровой эрозии зависит от его состава (гораздо более сложного, чем в эксперименте на аэродинамической трубе), наличия примесей, содержания гумуса и карбонатов /63/, влажности. Последняя делает сопротивляемость ветровой эрозии изменчивой во времени, зависимой от особенностей климата и микроклимата.

Важными свойствами климата Белоруссии в отношении эолового процесса являются недостаток влаги в начале лета, большие вариации месячных сумм осадков /64/. Поэтому в апреле-июне наиболее слаба защита почвы растительным покровом, особенно на распаханном поле, где еще не поднялись всходы, в связи с чем 83% всех дней с пыльными бурями приходится на эту пору года, из них 60% - на май.

В наибольшей степени эоловые процессы проявляются в Полесье, где к тому же минеральные почвы имеют преимущественно легкий механический состав. Почвы, сложенные супесями и песками, занимают в этой части Белоруссии 58,5% от общей площади /65/. Торфяники, на долю которых перепадает 29,7% территории, образуют крупные контуры и в наибольшей степени распашаны. Для Полесья характерны самые сильные ветры, наибольшие колебания сумм осадков (300-1000 мм/год при среднем 600-650 мм/год) /64/, периоды без

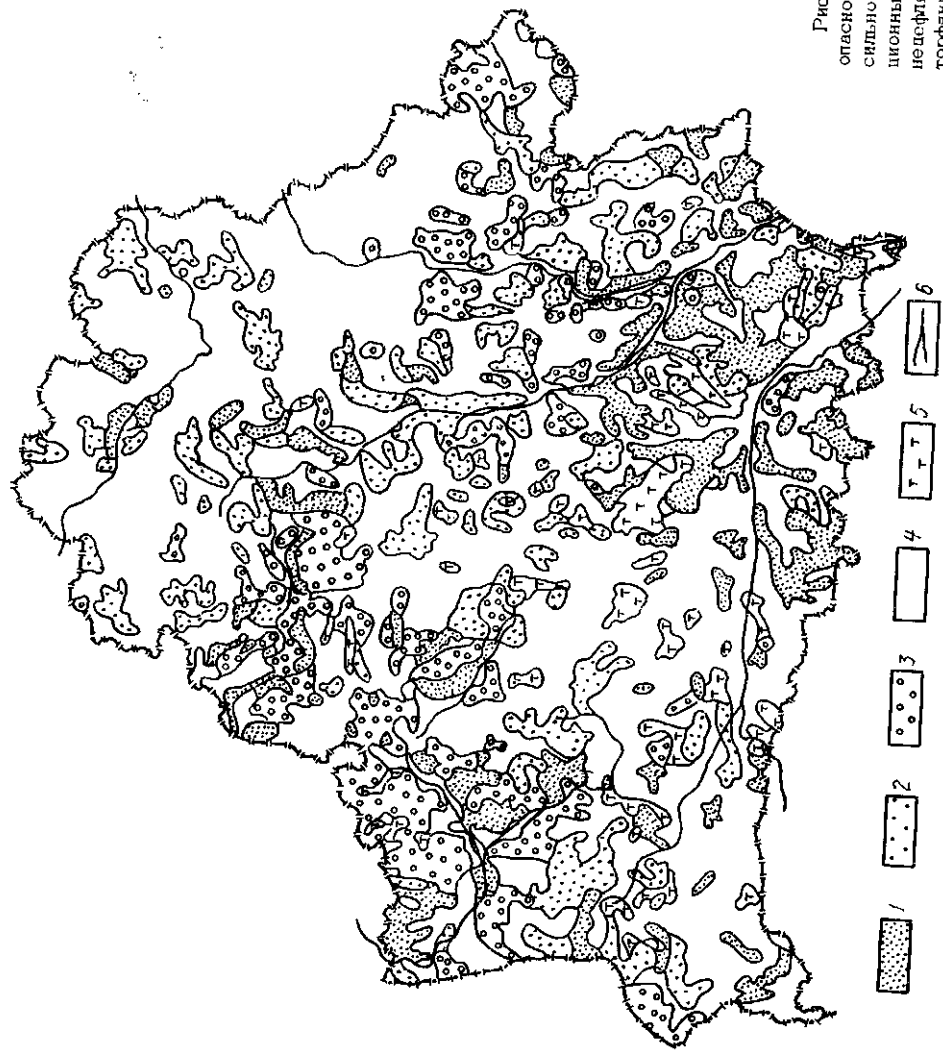


Рис. 1.3. Карта дефляционной опасности земель Белоруссии: 1 — сильнодефляционные, 2 — среднедефляционные, 3 — слабодефляционные, 4 — недефляционные, 5 — осушенные торфяники, 6 — реки

Д
Н
С
П
Ч
М
П
С
С
В
С
Т
У

дождя длительностью 7-10 и даже 15 сут, когда относительная влажность падает до 40-50% и менее. При этом поверхностный слой пересыхает до полной потери воды /62/. Именно сложение всех перечисленных факторов обусловило сильные пыльные бури в 1955, местами в 1949-1951, 1967, 1969 и 1971 гг. Изложенное соответствует пространственной оценке процесса другими исследователями /66/.

Вероятностный характер эоловых процессов, мелкий масштаб исследований, недостаточная разработанность соответствующих методик затрудняют точный расчет ветровой эрозии на территории Белоруссии. Пространственная дифференциация этого типа процессов оценена в основном при помощи анализа почвенной карты /67/, в меньшей степени полевых наблюдений. В соответствии с методикой, разработанной В.В.Жилко и Л.М.Ярошевичем /59/ для территории Белоруссии, и применительно к масштабу работ выделено пять категорий земель:

а) недефляционноопасные - автоморфные почвы тяжелого механического состава, неосушенные торфяники, полугидроморфные почвы суглинистого и супесчаного механического состава;

б) слабodefляционноопасные - автоморфные почвы супесчаного механического состава с близким залеганием суглинков и полугидроморфные связнопесчаные почвы;

в) среднедефляционноопасные - автоморфные почвы рыхлосупесчаного и связнопесчаного механического состава;

г) сильнодефляционноопасные - автоморфные рыхлопесчаные почвы;

д) осушенные торфяники.

Особенности пространственного распределения этих типов земель показаны на рис.13.

Техногенные процессы

Нынешний этап развития общества характеризуется бурным ростом технического могущества человечества и соответственно средств воздействия на окружающую среду, которые удваиваются каждые 12-15 лет. Именно поэтому сейчас особенно остро встали проблемы взаимоотношений человека и природы, проблемы, которые возникли почти одновременно с появлением человека. Подчеркивая это, В.И.Вернадский указал, что человек стал крупнейшей геологической силой. Подтверждение правильности подобного высказывания можно найти практически в любом уголке земного шара. Вооруженный современными орудиями труда, человек создает новые формы рельефа и новые типы отложений, которые становятся характерным компонентом современного ландшафта. Так, в СССР уже сейчас на антропогенные формы приходится около 0,8% всей территории, в Западной Европе этот показатель еще выше - более 5% /68/. Обширны площади антропогенного рельефа и в Белоруссии. Например, города и другие населенные пункты занимают около 8700 км², дороги - 800 км², различные карьеры, включая поля фрезерной добычи торфа, - 500 км², мелиоративные и другие каналы - 600 км², пруды и водохранилища - свыше 1100 км². Всего на антропогенный рельеф приходится около 11,3 тыс. км², т.е. около 5,4% поверхности республики, причем четко прослеживается тенденция к росту этого показателя и не исключено, что в начале следующего столетия он удвоится.

В процессе человеческой деятельности на территории республики

1.2

созданы формы рельефа, которые по своим размерам вполне сопоставимы с природными. Так, высота колеотвалов достигла 100 м. Такие относительные колебания на небольшом расстоянии встречаются в естественных условиях только в районе Мозыря. [Довольно широко на территории Белоруссии представлены карьеры, самые крупные из которых занимают до 300-600 га и имеют глубину до 90 м. Для сравнения отметим, что наибольшая глубина озерных котловин достигает 53,4 м (оз. Долгое в Глубокском районе). Близки по размерам акватории озер и искусственных водоемов: площадь самого большого оз. Нарочь составляет 79,6 км², а Вилейского водохранилища - 75 км².

Крупные каналы (Днепровско-Бугский, канал Вилейско-Минской водной системы) по своим размерам соответствуют малым рекам. Насыпи дорог протягиваются на десятки и сотни километров и по крайней мере по протяженности, а нередко и по объему не уступают самым крупным ледниковым грядам и т.д.

Кроме непосредственного воздействия на земную поверхность человек способствует активизации ряда естественных геологических процессов. Все это позволяет говорить о значительной антропогенной изменчивости рельефа Белоруссии. Однако каких-то обоснованных количественных оценок подобных изменений до последнего времени не производилось, хотя сами антропогенные формы нередко привлекали внимание исследователей [30, 69-74]. Отсутствие же общих оценок преобразования земной поверхности и игнорирование такого фактора в хозяйственной деятельности могут отрицательно сказаться на экономическом развитии региона и здоровье населения.

Практически вся территория республики подвержена в той или иной степени выраженной антропогенной трансформации (табл. 8, рис. 14). Средний коэффициент техногенной измененности (в десятках тысяч метров кубических на квадратный километр) составляет 12,0. Это соответствует слою на земной поверхности, равному 120 мм. В связи с тем что сюда входят значительные объемы отложений, которые взрыхляются в процессе вспашки и перемещаются вниз по склону на очень незначительные расстояния, а на пологих участках вообще практически не смещаются по горизонтали, при расчетах антропогенного изменения поверхности такие объемы целесообразно учитывать только при оценках за длительный интервал времени. Тогда получается, что под влиянием антропогенного фактора на территории Белоруссии на значительные расстояния перемещено примерно 9,9

Объемы грунтов (в млн м³), перемещенные в процессе

Область	Площадь, тыс. км ²	Добыча полезных ископаемых	Вспашка земель	Строительство населенных пунктов
Брестская	32,9	750	2100	7
Витебская	40,1	880	2800	10
Гомельская	40,4	430	2300	9
Гродненская	25,1	1200	2200	6
Минская	40,1	780	3200	21
Могилевская	29,0	730	2600	6
Всего по Белоруссии	207,6	4770	15200	59

мрд м³ грунтов, а с учетом вспашки - около 25,0 мрд м³. Так как основное техногенное воздействие связано с двумя последними столетиями, можно рассчитать, что средняя величина слоя пород, перерабатываемого человеком, в среднем составила 0,2 мм/год (с учетом вспашки около 73,2 мм/год).

Однако за последние десятилетия интенсивность антропогенного воздействия на земную поверхность резко возросла. Поэтому сейчас человеком перерабатывается слой отложений мощностью не менее 0,7 мм/год (с учетом вспашки 73,7 мм/год). Для сравнения напомним, что среднее значение природной денудации для равнин СССР не превышает 0,005-0,025 мм/год /75/. При этом следует иметь в виду, что в приведенных выше расчетах учитывались только факторы, непосредственно изменяющие земную поверхность, и не рассматривались такие процессы, как добыча полезных ископаемых в шахтах или через скважины, которые также способствуют деформациям геоморфологических уровней, вызывая просадки, но подобные процессы не обуславливают качественного преобразования рельефа, замены его природных типов на антропогенные.

Трансформация территории Белоруссии под влиянием хозяйственной деятельности крайне неравномерная. Даже средние значения коэффициента техногенной преобразованности варьируют в интервале от 4,7 до 34,3, локальные же показатели изменяются практически от нуля до 4000. Наибольшему изменению подверглись районы распространения краевых ледниковых образований, лессовидных отложений, участки близповерхностного залегания карбонатных пород, пород кристаллического фундамента, некоторые речные долины и торфяники, а также площади вблизи населенных пунктов, разрабатываемых месторождений полезных ископаемых, крупных инженерных сооружений и промышленных предприятий. Нередко на таких участках земная поверхность приобрела качественно новые очертания (рис. 15).

Менее всего до настоящего времени изменены плоские, иногда заболоченные ледниково-озерные, аллювиальные, озерно-аллювиальные и водно-ледниковые равнины и низины, которые тяготеют к Белорусскому Поозерью, бассейнам Березины и Припяти.

Интенсивное антропогенное воздействие на земную поверхность приводит к тому, что исчезают многие характерные формы рельефа (краевые ледниковые гряды, озы, болотные массивы, малые речные долины и т.д.), что делает крайне актуальными работы по обоснова-

Таблица 8

хозяйственной деятельности на территории Белоруссии

Мелиорация	Склапированные отходы	Строительство каналов	Сооружение искусственных водоемов	Дорожное строительство
330	12	7,6	28	430
180	15	0,4	15	630
280	19	-	34	570
130	12	0,2	36	370
310	330	1,3	55	610
40	11	-	30	440
1370	399	9,5	198	3050

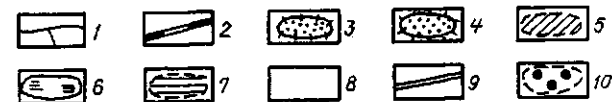
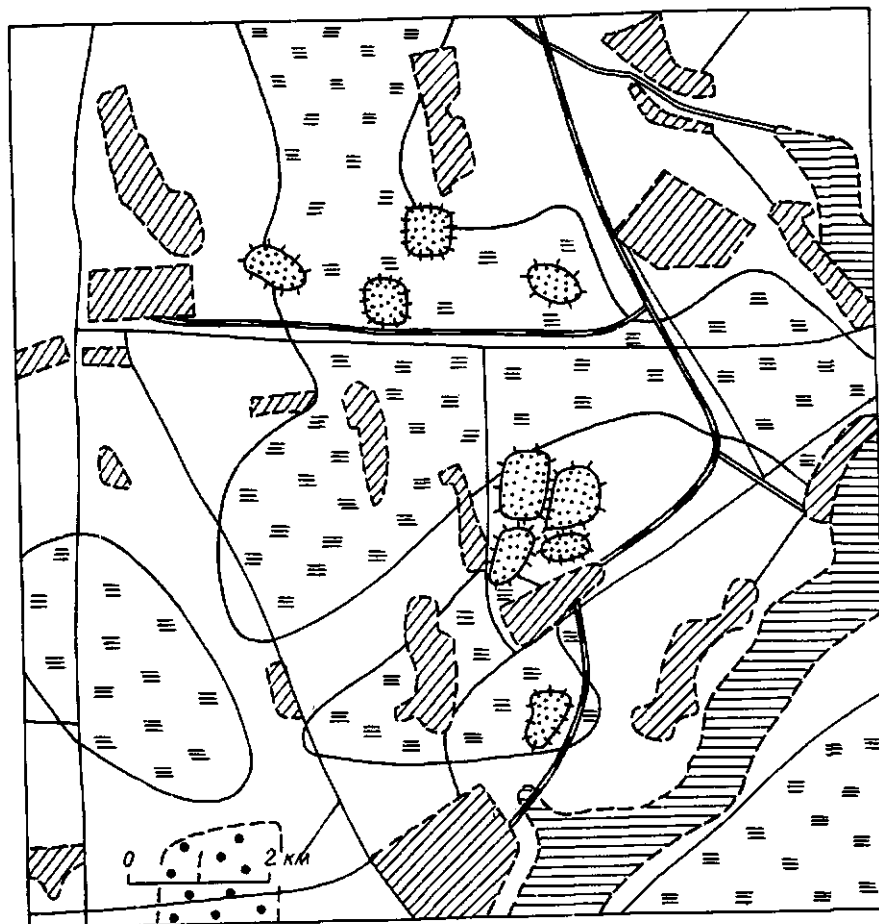


Рис. 15. Геоморфологическая схема территории крупного промышленного комплекса: 1 — насыпи автомобильных дорог; 2 — насыпи железных дорог; 3 — ограниченные дамбами участки складирования промышленных отходов; 4 — отвалы; 5 — спланированная поверхность в пределах населенных пунктов; 6 — площади антропогенных просадок; 7 — искусственный водоем; 8 — распаханная поверхность флювиогляциальной и моренной равнины; 9 — речная долина; 10 — участок относительно малоизмененной флювиогляциальной равнины

нию и выделению геологических и геоморфологических памятников природы.

Учитывая разную степень измененности земной поверхности, следует избегать строительства новых крупных объектов и сооружений в районах, испытывающих в настоящее время максимальную антропогенную нагрузку (Волковысская, Гродненская, Слонимская, Минская возвышенности, отдельные участки Лидской, Могилевской, Горецкой равнин, окрестности крупных населенных пунктов и существующих промышленных объектов), так как продолжающееся ее возрастание может привести к необратимым изменениям в природе, стимулировать развитие крайне неблагоприятных геологических процессов (понижение уровня и загрязнения подземных вод, загрязнение покровных отложений, просадки, эрозию, сейсмические явления, прорывы дамб, заболачивание и т.д.).

Эндогенные процессы

Изучение эндогенных процессов проводилось по двум направлениям: во-первых, анализировались особенности отражения в земной поверхности глубинного строения и режима тектонических движений, во-вторых, рассматривались те геофизические аспекты современной геодинамики, которые определяют вертикальные и горизонтальные движения земной коры, современную и историческую сейсмичность.

Отражение в земной поверхности особенностей тектонического строения территории. Для исследования взаимосвязей между строением рельефа и структурой более глубоких горизонтов использовались методы парной корреляции земной поверхности, кровли фундамента и коренных пород, мощности антропогенного чехла и др. Генетическое истолкование изученных закономерностей [11, 76, 77], дополненное результатами полевых наблюдений, позволило охарактеризовать проявление новейших движений в строении антропогенного покрова. Итогом работ служит карта (рис. 16), на которой показаны структурные элементы, выделенные по особенностям строения поверхности ложа, разреза и кровли антропогенного чехла. Выяснено, что в гляциодепрессиях, как правило, не существует статистически достоверной сопряженности погребенных горизонтов и рельефа земной поверхности. Очевидно, это объясняется тем, что в пределах гляциодепрессий интенсивно протекала экзарация и здесь же произошло накопление достаточно мощных толщ ледниковых отложений. Участки с наиболее высокими корреляционными связями чаще всего приурочены к площадям интенсивных новейших тектонических движений. Тесная корреляционная связь современного рельефа и ложа установлена также в пределах положительных и отрицательных мезоформ, кровли коренных пород на площадях высокого положения поверхности фундамента (Центрально-Белорусский массив, Полесская седловина и др.), где особенно активно происходило вовлечение материала в ледниковый перенос и накопление максимальных толщ отложений. В области развития молодого аккумулятивного рельефа поозерского ледника рельеф ложа хуже коррелирует с современным, чем в других геоморфологических зонах республики. Причина этого скорее всего заключается в динамике и меньшей мощности последнего ледника.

Сопряженность земной поверхности и структурных элементов фундамента показала, что современный рельеф в основном отражает

Рис. 16. Карта неотектонических элементов, проявляющихся в строении антропогенного покрова и рельефа (по результатам корреляционного анализа): блоки фундамента, выраженные в кровле (1), особенностях разреза (2) и подошве (3) антропогенного покрова, локальные положительные в рельефе структуры (4), выраженные в



+

характер тектонического строения территории республики. Из генетических типов рельефа наибольшую связь с глубинными структурами испытывают краевые ледниковые образования (возвышенности и гряды), с которыми тесно связаны другие генетические типы ледникового рельефа.

Проведенные работы свидетельствуют также о существовании связей между тектоническим строением и характером гидросети. Анализируя данную проблему, в первую очередь необходимо подчеркнуть, что размещение современных долин в значительной степени предопределено структурными особенностями территории /44,77-82/, а также хорошо согласуется со своеобразием поверхности коренных пород. Так, крупные речные артерии республики, как правило, тяготеют к районам сочленения региональных структур, тектоническим ослабленным зонам, осевым частям отрицательных структур. Поэтому общее направление рек Белоруссии в основном совпадает с простиранием структурных единиц поверхности фундамента или с падением абсолютных отметок этой поверхности.

Установлено также, что на территории Белоруссии отдельные прямолинейные отрезки долин ориентированы главным образом в северо-западном и северо-восточном, реже - в субмеридиональном и субширотном направлениях. Северо-западные ($310-320^\circ$) и северо-восточные ($55-65^\circ$) простираения присущи рекам, дренирующим области с высоким залеганием поверхности фундамента (Белорусская антеклиза, склоны Воронежской антеклизы и Украинского кристаллического щита), субмеридиональные чаще отмечаются на востоке региона, субширотные - на юге. По всей видимости, это объясняется тем, что наряду с тектоническими нарушениями более крупных масштабов (разломы, флексуры, ступени и др.) на развитие эрозионной сети оказали влияние основные системы тектонических трещин, отражением которых является закономерная сеть линеаментов, четко дешифрируемых по космическим снимкам /83/.

Помимо влияния на характер размещения речной сети тектонические особенности территории хорошо проявляются в строении долин. В границах поднятий фиксируются положительные деформации продольного профиля речных русел и террас, их переуглубление и спрямление. Выше и ниже участков поднятий русла интенсивно меандрируют, глубина вреза значительно уменьшается. При пересечении реками отрицательных структур их долины расширяются, менее выражены береговые валы, возрастает заболоченность и количество стариц. Так, например, крупнейшая река республики Днепр имеет несколько аномальных участков, где показатели уклонов русла и коэффициентов меандрирования (КМ) указывают на наличие активных тектонических структур. Русло Днепра в целом сильно меандрирует, но характер извилистости крайне неоднороден. Выше Могилева КМ изменяется в основном в интервале 1,1-1,3. Начиная от д. Дашкова, рассматриваемый показатель возрастает до 1,75-2,3. На этом фоне выделяются небольшие участки с КМ 1,04-1,2 (у г. Рогачев, Жлобин, Любеч, д. Холмеч и др.) и 2,8-3,0 (у дд. Верхняя Олба, Заспа, Леваша и др.). Глубина русла при происхождении положительных структур возрастает до 7,8 м у Жлобина, 8,6 м у Рогачева и т.д.

В долине Березины, крупнейшего притока Днепра, также прослеживаются сопряженные с зонами нарушений участки повышенных КМ (1,8-2,2) у дд. Бродец, Стасевка, г. Борисов и др., в то время как при

пересечении Бобруйского погребенного выступа русло спрямляется и КМ составляет всего лишь 1,1. Нередко на площадях поднятий поверхность террас расчленена оврагами и балками (у гг. Борисов, Березино, Бобруйск, дд. Мурово, Лысуха, Перевоз, Стасевка и др.). Отмечаются на таких участках и золотые грядки (дд. Бродец, Мирславка, Селиба, Прибор и др.). Точно так же тектонические особенности республики сказываются и на своеобразии долин других белорусских рек.

Однако новейшие тектонические движения влияют не только на ход эрозионно-аккумулятивных процессов в речных системах, но, как показали работы, выполненные в Институте геохимии и геофизики АН БССР, определенным образом и на специфику деятельности временных водотоков. Для выяснения этого вопроса использованы схемы неотектонических элементов, проявляющихся в строении антропогенного покрова, и распространения овражно-балочного рельефа. Проведенное сопоставление показало, что районы развития линейной эрозии более чем в 70% случаев прямо связаны с выделенными площадями новейших поднятий (рис. 17), причем отмеченная связь наиболее достоверна в пределах крупных возвышенностей и гряд. Следовательно, неотектонические движения, повлияв на характер орографии региона, создали и предпосылки для последующего развития - процессов эрозии. Подтверждением тому может служить исследование показателей горизонтального и вертикального расчленения территории. Так, при прочих равных условиях (состав отложений, экспозиция склонов и др.) в пределах крупных блоков, испытывающих современные поднятия, наблюдается повышенная плотность и глубина вреза эрозионной сети, количественное преобладание молодых оврагов над балками, усиливается плоскостной смыв с водоразделов.

Таким образом, пространственная дифференциация водно-эрозионных процессов подтверждает выделенные по другим показателям неотектонические элементы, выраженные в строении антропогенного покрова и рельефа республики. Более того, закономерности проявления эрозии позволяют в определенной мере детализировать составленную ранее схему, выделить ряд новых блоков, испытывающих сравнительно интенсивные поднятия или опускания. Важный материал для этого получен при изучении перемещения отложений линейными и плоскостными водотоками с выделением важнейших направлений сноса (рис. 18). Обращает на себя внимание согласованность на отдельных отрезках линии главного водораздела республики с крупным разрывным нарушением поверхности фундамента - Выжевско-Минским разломом. Западная часть данного водораздела проходит вдоль границы Белорусской антеклизы и Подляско-Брестской впадины с Полесской седловиной. Местные водоразделы ряда рек также приурочены к зонам разломов (водораздел Немана и Вилии, Немана и Шары и др.) или зонам сочленения структур (водораздел Сожа и Ипути, Лани и Цны и др.). По характеру размещения и особенностям развития речной и овражной сети на территории Белоруссии достаточно четко выделяется также ряд новых положительных и отрицательных блоков, с которыми связан подъем и опускание отдельных участков земной поверхности. Таких блоков прослеживается около пятидесяти (у населенных пунктов Высокая Буда и Краснополье Климовичского района, Вороново Лидского района, Юрьево Жодинского района, у Новогрудка, юго-восточнее Бегомля и др.).

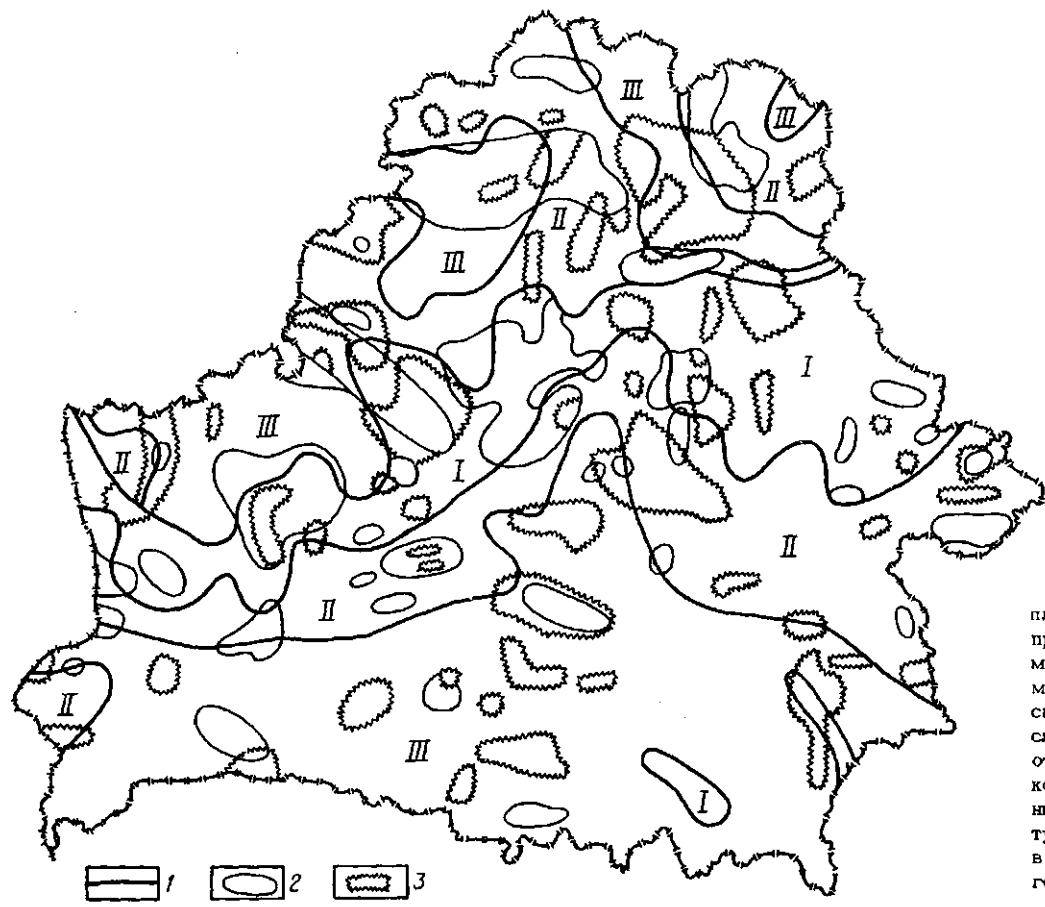


Рис. 17. Схема сопряженности площадей развития водно-эрозивных процессов с неотектоническими элементами: 1 — границы классов современной овражно-балочной эрозии (I — сильного и среднего развития, II — слабого, III — очагового развития и отсутствия линейной эрозии); 2 — контуры блоков фундамента, выраженные в земной поверхности; 3 — контуры блоков фундамента, выраженные в особенностях разреза антропогенного покрова

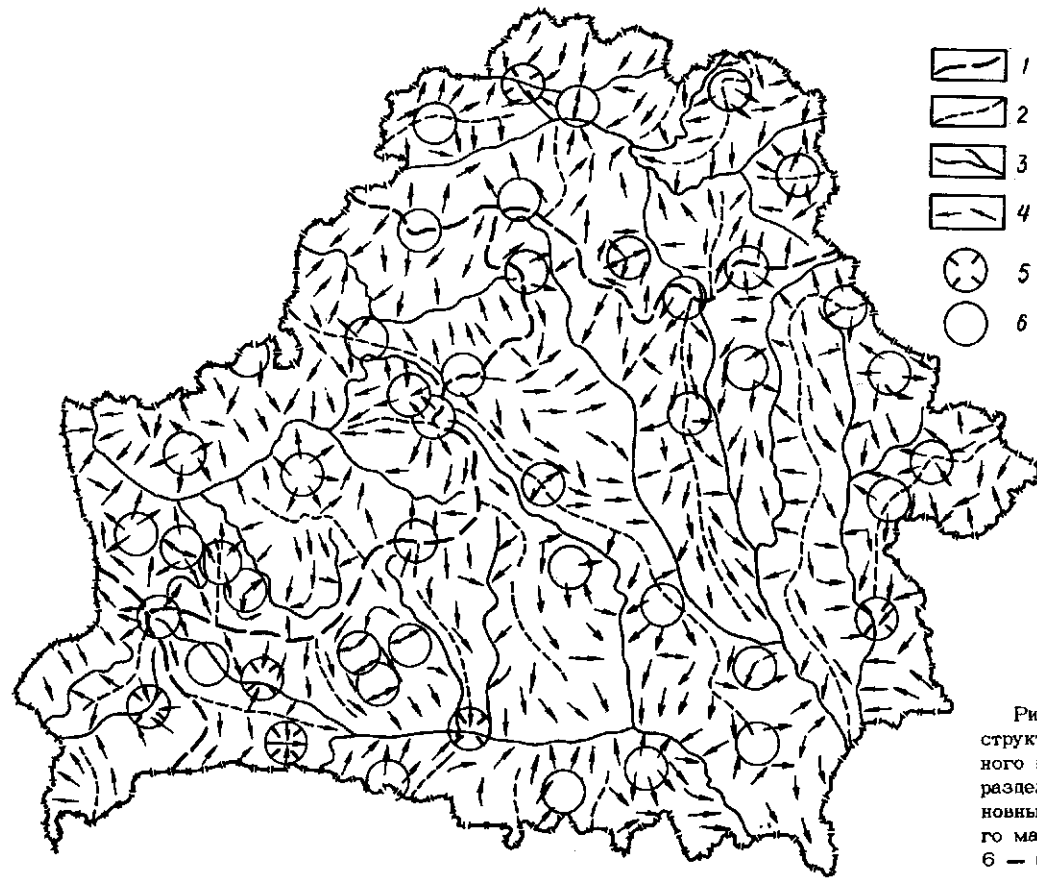


Рис. 18. Карта водно-потоковой структуры рельефа: 1 — линия главного водораздела; 2 — местные водоразделы; 3 — речная сеть; 4 — основные направления движения рыхлого материала; 5 — площади опусканий; 6 — площади поднятий

Районы с незначительной интенсивностью новейших тектонических движений характеризуются ослаблением современных деструктивных процессов, аккумуляцией рыхлых отложений у подножий вогнутых склонов и др.

Интересные данные по проявлению в земной поверхности новейших тектонических процессов дает изучение материалов дистанционных съемок. В частности, выполненное структурное дешифрирование космических снимков позволило построить схему линейных элементов ландшафта территории республики (рис.19). В результате анализа которой установлены следующие особенности. Линеаменты неравномерно распределены по площади: в направлении с севера на юг и с востока на запад их количество и плотность возрастают. Они также по-разному ориентированы, но преобладают линии ортогональной и диагональной направленности, на что указывает и Р.Р.Павловец /84/. Диагональные линеаменты наиболее сгущены в западной и южной частях Белоруссии. В пределах Подляско-Брестской впадины количественно преобладают формы северо-западного (67%) и субширотного (29%) направлений, на Полесской седловине к ним добавляются субмеридиональные прямолинейные отрезки ландшафта (21,4%), далее на восток (Припятский прогиб) субмеридиональные и субширотные формы резко сокращаются (соответственно до 6,2 и 4,8%), а самыми распространенными становятся линеаменты северо-западного (61,5%) и северо-восточного (25,5%) простираний.

Для восточной и центральной частей республики характерно преимущественно субмеридиональное направление (52-60%) спрямленных элементов, плотность их сравнительно невелика. Подчиненное значение на территории Оршанской впадины имеют близкие к субширотным прямолинейные элементы земной поверхности (14,6%), а на Вилейском погребенном выступе Белорусской антеклизы - диагональные (северо-западные - 22,8%, северо-восточные - 24,2%). На севере Белоруссии и по направлению, и по плотности преобладают линеаменты субширотной ориентировки.

Нередко линеаменты одного направления группируются в зоны. Две такие зоны установлены в самой северной части Белоруссии. Одна из них, наиболее четкая и протяженная, на значительном расстоянии подчеркивается долиной Дисны и совпадает с Полоцким суперрегиональным нарушением. На сотни километров (от Марьиной Горки до Мстиславля) прослеживается линеаментная зона, согласующаяся со Стоходско-Могилевским суперрегиональным разломом. Небольшими участками параллельных сближенных линеаментов данное дизъюнктивное нарушение прослеживается также южнее Слуцка и у Пинска. Аналогично совпадают система разрывных нарушений и дугообразная зона линеаментов, вытянутая от границы с Украиной в районе Столина до Чечерска на востоке. Следует отметить, что линеаментные зоны северной и северо-восточной части региона имеют, как правило, две ступени, отстоящие друг от друга на 1,5-2,5 км и прослеживающиеся фрагментами по 20-25 км при общей протяженности зоны до 150-200 км.

В центре Белоруссии крупные линеаментные зоны практически отсутствуют. На юго-западе, на площади Подляско-Брестской впадины и западного склона Полесской седловины, выявлены три зоны линеаментов северо-западного направления. Они вытянуты на расстоянии 100-150 км при ширине 15-20 км.

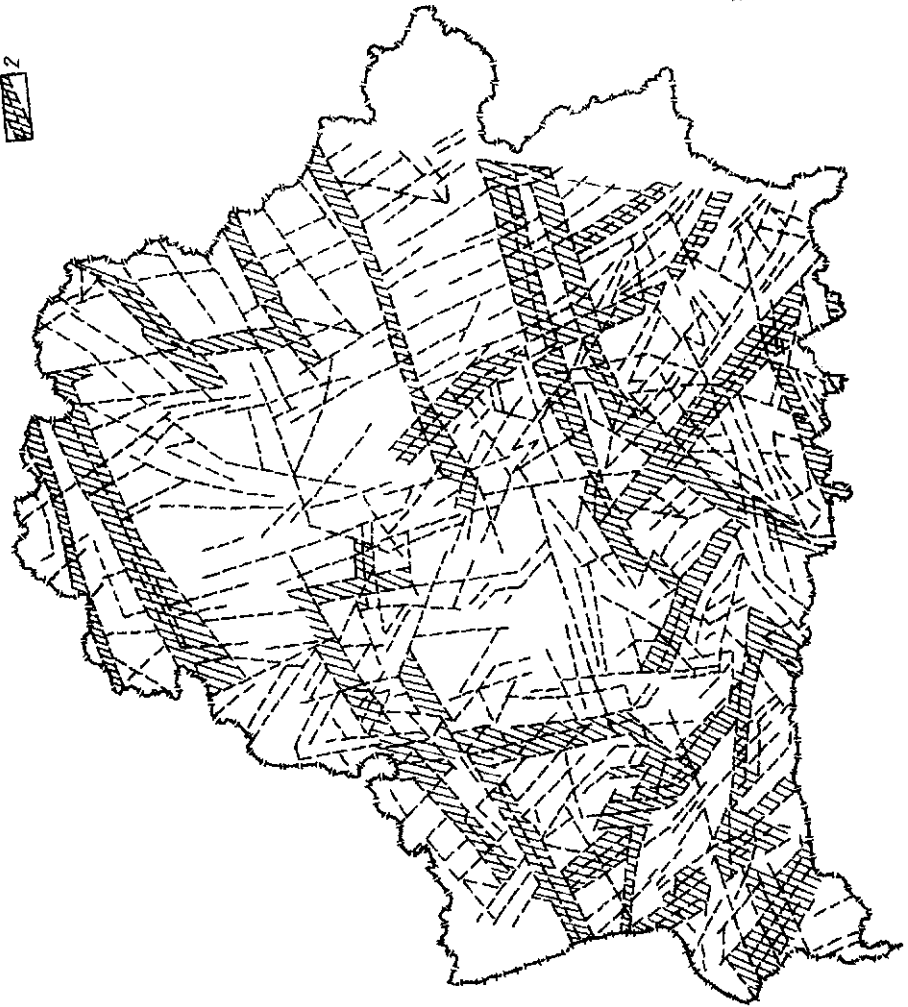


Рис. 19. Линейменты (1) и линейментные зоны (2) территории Бефортона по результатам deciphering порозности по результатам deciphering космических масштабов матрицы

На участках сочленения зон отмечается повышенная плотность линейных элементов ландшафта. Такие площади в большинстве случаев соответствуют крупным блокам и выступам фундамента, в пределах которых поверхность наиболее расчленена трещинами и разломами. Самые сложные по форме узлы пересечения наблюдаются на территории Подляско-Брестской впадины, Полесской седловины, западной части Белорусской антеклизы. Здесь преобладает X-образный (в районе Жабинка-Кобрин, Антополь-Береза, Иваново, Юратишки, Ивье, Новогрудок) характер линеamentного рисунка. Сочетанием различных геометрических форм отличается сложный линеamentный узел у Ружан-Коссово-Ивацевичей. Для юго-востока региона присущи Y-образная (Микашевичи-Житковичи), T-образная (Старобин-Солигорск, Мозырь), ортогональная (Заболотье-Октябрьский) и другие более простые формы сочетания линеamentов. Как показали исследования, к таким пересечениям линейных участков нередко приурочиваются кольцевые структуры. Субширотные линеamentные зоны на крайнем севере и востоке республики практически параллельны друг другу и не имеют взаимных пересечений.

При анализе особенностей размещения линеamentов и их зон в пределах Белоруссии можно выделить четыре самостоятельных линеamentных поля, различающихся по доминирующим простираниям, плотности, характеру сочленения линейных элементов ландшафта и их соотношению с разрывными и складчатыми тектоническими структурами, установленными другими методами. Первое линеamentное поле охватывает север и северо-восток региона и характеризуется наличием главным образом субширотных зон, которые прямо или с некоторым смещением согласуются с дизъюнктивными нарушениями. Это поле примерно соответствует наиболее древнему блоку фундамента, не испытавшему существенных тектонических преобразований в более поздние этапы развития. На площади второго поля - центральная часть республики - распространены массивы древней консолидации (Полоцкий, Минский, Бобруйский). Линеamentная сеть здесь разрежена, зоны практически отсутствуют, древние массивы прослеживаются по сочетанию ортогональных систем с другими направлениями линеamentов. Третье поле выделено на западе и юго-западе Белоруссии в области развития фундамента складчатых структур протерозойского времени. Линеamentные зоны этого поля секут вкрест Западно-Белорусскую складчатую систему, чередующиеся синклинии и антиклинии которой вытянуты в северо-восточном направлении. Четвертому полю - юго-восток региона - также свойственно развитие складчатых систем протерозойского возраста, однако здесь встречаются и массивы древней консолидации. Линеamentная сеть отличается наибольшей плотностью и преимущественно диагональной ориентировкой.

Таким образом, с использованием среднemasштабных космических материалов на территории республики установлены региональные линеamentные зоны и поля, генетически связанные с особенностями внутреннего строения земной коры и позволяющие выделить на территории Белоруссии не менее четырех крупных блоков, которые заметно различаются историей развития. Более детальный анализ пространственной структуры линеamentов проведен в главе, посвященной рассмотрению вопросов районирования территории Белоруссии по современным рельефообразующим процессам.

При дешифрировании космических снимков на территории Белорус-

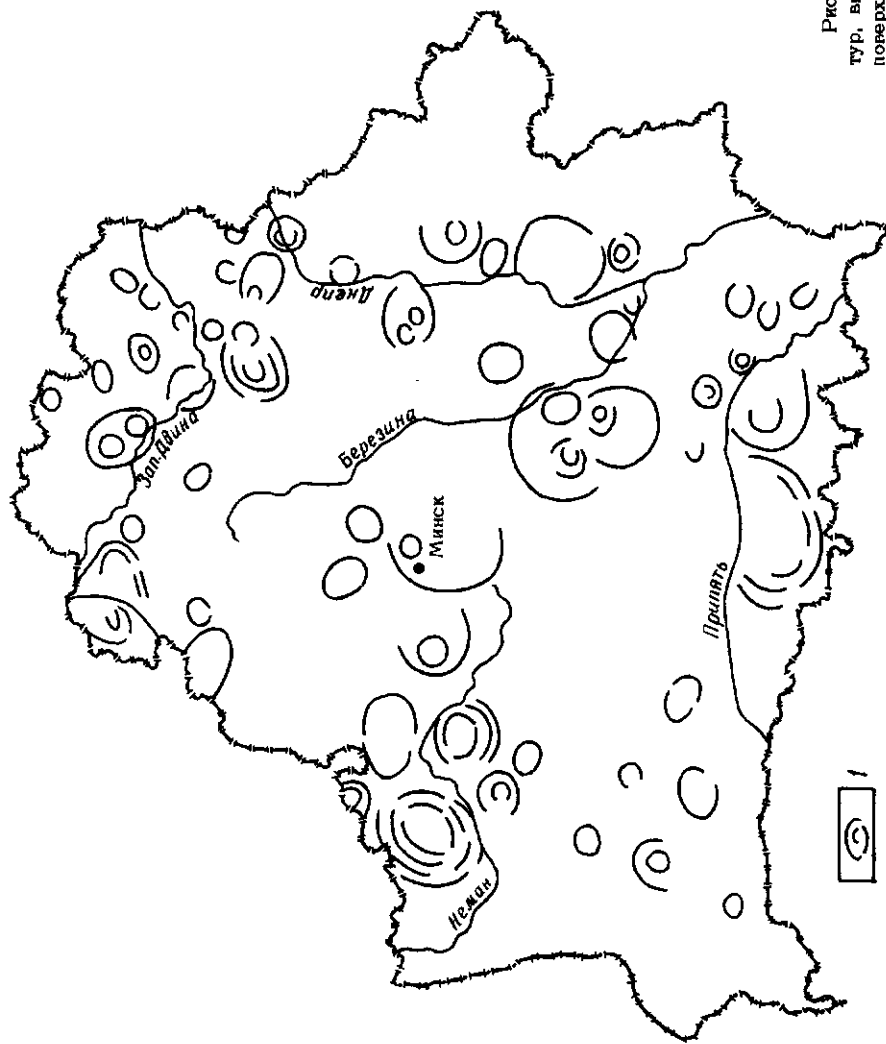


Рис. 20. Схема кольцевых структур, выраженных в строении земной поверхности Белоруссии: 1 - контуры кольцевых структур

сии выделено более ста кольцевых структур /85/. По мнению авторов, их генезис предопределен, главным образом, эндогенными процессами, связанными с формированием энергогенерирующих очагов в земной коре и мантии на различных этапах развития. Активизация отдельных дислокаций на новейшем этапе позволяет проследить их и в строении современной земной поверхности (рис. 20).

На севере региона, где рельеф более молодой, индикаторами кольцевых структур служат обширные болотные массивы, другие пониженные участки поверхности (часто плоская абразионная равнина) с озерами в центральной части, массивы эоловых форм среди озерно-ледниковой равнины и цепи озер, которые опоясывают кольцевые дислокации по внешней дуге.

В Центральной Белоруссии, в области развития крупных краевых ледниковых образований, отражением концентрических дислокаций служат отдельные возвышенности, гряды и котловины, а также речная сеть.

На юге региона кольцевые структуры проявляются в смене типов рельефа по границе овалов, их подчеркивают также возвышенности, понижения и речные долины.

Геоморфологические аспекты современной геодинамики. Современные геодинамические процессы, выражающиеся в вертикальных и горизонтальных движениях земной поверхности, относительном перемещении блоков земной коры и более глубоких горизонтов, современной и исторической сейсмичности, сопровождаются различными геофизическими, тепловыми и геохимическими эффектами, которые характеризуют состояние и строение глубоких горизонтов тектонических структур, активно развивающихся в настоящее время. Как показывает опыт изучения подобных структур, для них свойственны повышенные амплитуды вариаций магнитного и гравитационного полей, повышенный тепловой поток, наличие зон повышенной электропроводности в земной коре и верхней мантии, зон пониженных скоростей и плотностей в верхней мантии, а также повышенный поток благородных газов. Все перечисленные геофизические и геохимические эффекты предположительно могут быть объяснены присутствием в пределах развивающихся структур линзы "аномальной" верхней мантии, характеризующейся повышенной температурой, электропроводностью и, как следствие разогрева, пониженной скоростью сейсмических волн и пониженной плотностью.

Линзы "аномальной" мантии, по-видимому, способны выделить значительное количество газообразных веществ, наиболее инертные из которых по разломам достигают земной поверхности. Перечисленные эффекты в общем виде хорошо коррелируются с уровнем сейсмичности.

Активно развивающиеся сейсмичные структуры сконцентрированы не только в альпийских подвижных поясах, но и захватывают более древние складчатые сооружения, распространяясь и в пределах древних платформ. Такие структуры известны на Сибирской, Северо-Американской, Африканской и других древних платформах.

Обобщение геолого-геофизических и геохимических данных по западу Восточно-Европейской платформы показывает, что структуры повышенной тектонической мобильности с проявлением редкой сейсмичности могут быть намечены и в Прибалтийско-Белорусском регионе. Собственно на территории Белоруссии располагаются две

эс
р
с
м
с
с
г
р
с
г
м
л

зоны повышенной тектонической мобильности и сейсмичности: Белорусско-Среднерусская и Донецко-Припятская (рис. 21). Для Белорусско-Среднерусской зоны характерно широкое развитие мблудых разломов северо-западного и северо-восточного направлений, выделяющихся по анализу гидросети и других элементов ландшафта, аномалии содержания галлия в подземных водах. В пределах зоны, по данным гравиметрии, устанавливается повышенная (до 50 км) и дифференцированная мощность земной коры, увеличенные скорости и градиенты современных вертикальных движений. В результате исследования глубинного строения методом обменных волн землетрясений в ряде мест (по профилю Браслав-Глубокое и др.) намечается слой мощностью 15-20 км в верхах верхней мантии и четкая граница раздела на глубине 96-105 км. Нижняя граница раздела погружается от Браслава в район Глубокое. Вызывает сожаление отсутствие данных по определению скорости распространения сейсмических волн в слоях мантии. Если полагать, что граница на глубине 96-105 км является подошвой разуплотненного или более низкоскоростного слоя верхней мантии, то глубинная структура западной части Белорусско-Среднерусской сейсмической зоны будет выглядеть подобно глубинной структуре других зон активизации. В свете этого предположения находит логичное объяснение своеобразный расчлененный рельеф земной поверхности зоны, который представлен здесь чередованием низин (Полоцкая, Витебская, Неманская), возвышенностей (Новогрудская, Минская, Оршанская, Витебская, Городокская) и гряд (Ошмянские, Свенцянские), характеризующихся северо-восточным и северо-западным простираем.

На перемещение отдельных блоков в неотектонический этап указывает изучение спектров террас Немана, Зап. Двины и др. Продольные профили надпойменных террас и уреза воды Немана имеют выпуклую форму между устьями рек Сервечь и Першеке, т. е. при пересечении Белорусско-Среднерусской сейсмической зоны. Это указывает на невыработанность профиля равновесия на данном отрезке реки, что может быть частично обусловлено поднятием за поозерское и голоценовое время.

Есть также материалы, указывающие на относительные тектонические перемещения блоков Полоцкой низины и Балтийской гряды /86/. Подобная ситуация, вероятно, наблюдается в долине Вилии на участке, где она пересекает Балтийскую гряду, вытекая из Нарочано-Вилейской низины, а также в долине Днепра в окрестностях Орши. Причина относительных перемещений блоков коры, по-видимому, кроется в процессах, протекающих в верхней мантии. Не исключено также, что это обусловлено и неодинаковым поднятием блоков, возникших в результате изостатического выравнивания после таяния последнего ледника. Однако и в таком случае следует допускать изменение состояния верхней мантии в виде ее расширения или полиморфных преобразований вещества.

Таким образом, блоковые перемещения и связанная с ними сейсмичность обусловлены глубинными тектоническими причинами.

Для Донецко-Припятской сейсмической зоны характерно весьма широкое развитие крупных тектонических нарушений северо-западного, северо-восточного и субширотного направлений протерозойского и палеозойского времени заложения, часть которых продолжала активно действовать на неотектоническом этапе и в настоящее вре-

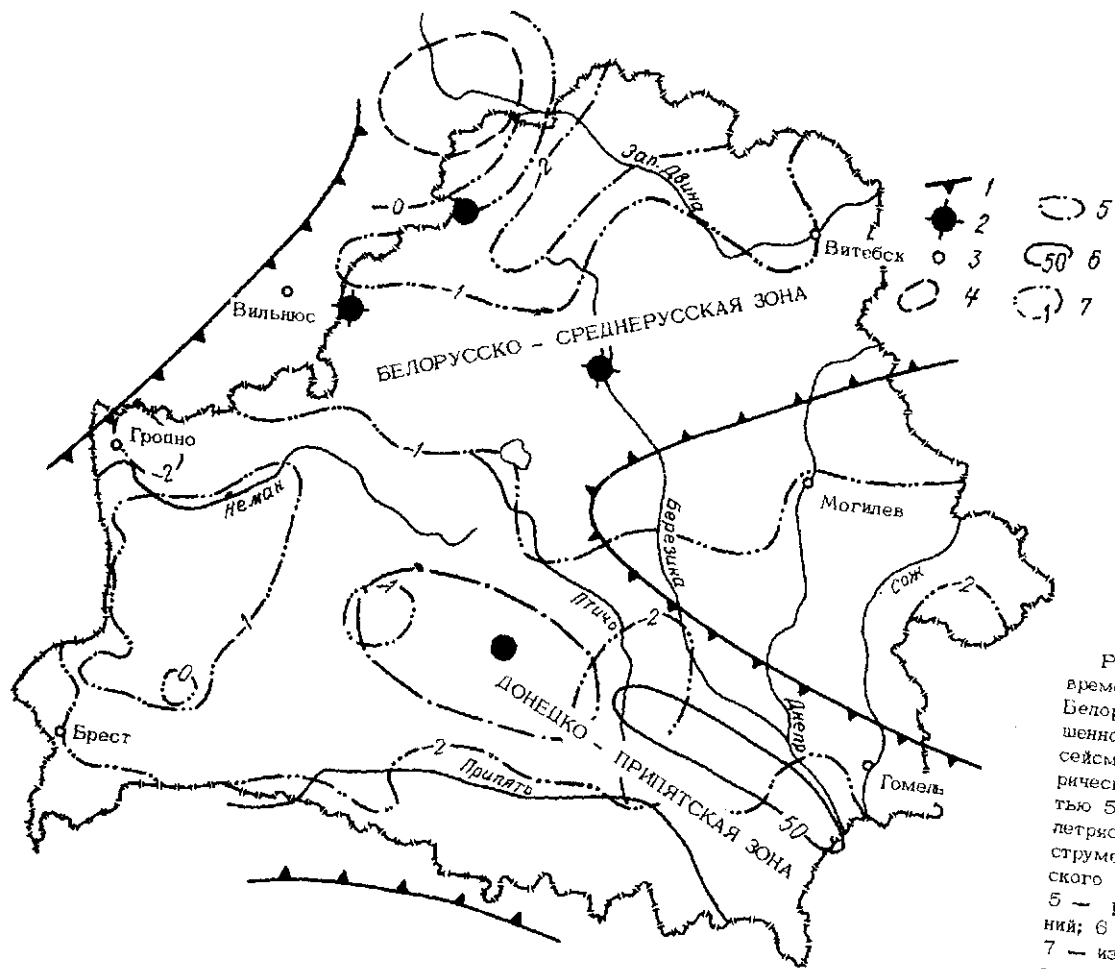


Рис.21. Схема сейсмичности и современной тектонической мобильности Беларуси: 1 — границы зон повышенной тектонической мобильности и сейсмичности; 2 — эпицентры исторических землетрясений интенсивностью 5—7 баллов; 3 — эпицентры землетрясений, зафиксированных инструментально; 4 — район Лаугавилскаго исторического землетрясения; 5 — район Солигорских землетрясений; 6 — изолинии теплового потока; 7 — изолинии скоростей современных вертикальных движений, мм/год

+

мя. Последнее подтверждается продольными геоморфологическими профилями террас Припяти, Случи, Птичи, Уборти и других более мелких рек, а также детальными геодезическими исследованиями в северо-восточной части Припятского прогиба /87,88/. Активность разломов древнего заложения в настоящее время и относительные перемещения блоков определяются, по-видимому, глубинными процессами, которые протекают в верхней мантии. В пользу этого предположения свидетельствуют геофизические данные, указывающие на наличие зоны пониженных скоростей мощностью 20-30 км, которая залегает на глубине около 80 км, и повышенный тепловой поток до 80 мВт/м², зафиксированный на ряде площадей Припятского прогиба.

Кроме глубинного, мантийского источника тектонических движений, способных породить сейсмические явления, в пределах Донецко-Припятской зоны имеют место движения, которые обусловлены процессами внутри осадочного платформенного чехла. Эти движения вызываются перемещением и выщелачиванием соли, столь широко развитой среди отложений девона Припятского прогиба. Анализ гидросети, геоморфологических аномалий, морфометрические построения по методике В.П.Философова показывают, что относительные перемещения блоков пород, обусловленные гравитационной неустойчивостью, продолжают в настоящее время и вызывают рост солянокупольных структур. В результате солянокупольные структуры весьма отчетливо выделяются в рисунке гидросети, особенностях изгибов русел рек, характере их меандрирования и т.д. /88/. На таких формах наиболее заметна дифференциация неотектонических движений, причем степень их отражения в рельефе зависит от соотношения скоростей неотектонических движений и интенсивности рельефообразующих процессов. Так, участки поднятий реками обычно обгибаются, при этом поднятия значительной интенсивности обходятся даже крупными водотоками. Если же интенсивность движений невелика, а мощность потока довольно значительна, реки могут пересекать локальные положительные структуры. При внедрении водотоков на отрицательные площади их долины расширяются, становятся менее выраженными, увеличивается количество стариц, возрастает заболоченность. Эти движения фиксируются и при изучении антропогена и неогена.

Выщелачивание соли вызывает обрушение пород кровли и образование провалов и структур проседания. С подобными структурами связывается накопление бурых углей миоцена. Поле выщелачивания соли прослеживается довольно широкой полосой в западной части Припятского прогиба, окаймляя Микашевичско-Житковичский выступ. Выщелачивание, по-видимому, имеет место и в настоящее время.

Источником сейсмичности в пределах рассматриваемой зоны, вероятно, могут быть и техногенные движения. Они установлены в районе добычи минеральных солей и сопровождаются опусканием поверхности Земли. Эти нисходящие движения установлены повторным нивелированием над отработанными шахтными полями. Аналогичные перемещения имеют место в районах эксплуатирующихся нефтяных скважин. Следует полагать, что они широко проявляются вдоль Припятского разлома, где повторным нивелированием диагностированы вертикальные смещения земной поверхности, сопровождающиеся изменением напряженности гравитационного поля.

Точно определить роль техногенных движений в повышении

мя. Последнее подтверждается продольными геоморфологическими профилями террас Припяти, Случи, Птичи, Уборти и других более мелких рек, а также детальными геодезическими исследованиями в северо-восточной части Припятского прогиба /87, 88/. Активность разломов древнего заложения в настоящее время и относительные перемещения блоков определяются, по-видимому, глубинными процессами, которые протекают в верхней мантии. В пользу этого предположения свидетельствуют геофизические данные, указывающие на наличие зоны пониженных скоростей мощностью 20-30 км, которая залегает на глубине около 80 км, и повышенный тепловой поток до 80 мВт/м^2 , зафиксированный на ряде площадей Припятского прогиба.

Кроме глубинного, мантийского источника тектонических движений, способных породить сейсмические явления, в пределах Донецко-Припятской зоны имеют место движения, которые обусловлены процессами внутри осадочного платформенного чехла. Эти движения вызываются перемещением и выщелачиванием соли, столь широко развитой среди отложений девона Припятского прогиба. Анализ гидросети, геоморфологических аномалий, морфометрические построения по методике В.П.Философова показывают, что относительные перемещения блоков пород, обусловленные гравитационной неустойчивостью, продолжают в настоящее время и вызывают рост солянокупольных структур. В результате солянокупольные структуры весьма отчетливо выделяются в рисунке гидросети, особенностях изгибов русел рек, характере их меандрирования и т.д. /88/. На таких формах наиболее заметна дифференциация неотектонических движений, причем степень их отражения в рельефе зависит от соотношения скоростей неотектонических движений и интенсивности рельефообразующих процессов. Так, участки поднятий реками обычно обгибаются, при этом поднятия значительной интенсивности обходятся даже крупными водотоками. Если же интенсивность движений невелика, а мощность потока довольно значительна, реки могут пересекать локальные положительные структуры. При внедрении водотоков на отрицательные площади их долины расширяются, становятся менее выраженными, увеличивается количество стариц, возрастает заболоченность. Эти движения фиксируются и при изучении антропогена и неогена.

Выщелачивание соли вызывает обрушение пород кровли и образование провалов и структур проседания. С подобными структурами связывается накопление бурых углей миоцена. Поле выщелачивания соли прослеживается довольно широкой полосой в западной части Припятского прогиба, окаймляя Микашевичско-Житковичский выступ. Выщелачивание, по-видимому, имеет место и в настоящее время.

Источником сейсмичности в пределах рассматриваемой зоны, вероятно, могут быть и техногенные движения. Они установлены в районе добычи минеральных солей и сопровождаются опусканием поверхности Земли. Эти нисходящие движения установлены повторным нивелированием над отработанными шахтными полями. Аналогичные перемещения имеют место в районах эксплуатирующихся нефтяных скважин. Следует полагать, что они широко проявляются вдоль Припятского разлома, где повторным нивелированием диагностированы вертикальные смещения земной поверхности, сопровождающиеся изменением напряженности гравитационного поля.

Точно определить роль техногенных движений в повышении

сейсмичности территории пока трудно. Служат ли они сами источником сейсмических событий или играют роль спускового механизма для тектонических сил, покажут дальнейшие исследования. Ясным остается лишь тот факт, что подавляющее количество зафиксированных сейсмических событий сконцентрировано в прилегающих районах деятельности калийных комбинатов.

Приведенные данные показывают, что в западной части Донецко-Припятской зоны природа сейсмических событий может быть разнообразной: сейсмические толчки порождаются глубинными тектоническими силами, гравитационной неустойчивостью и техногенными движениями.

Следовательно, на территории Белоруссии выделяются две сейсмические зоны, которые различаются по причинам, обуславливающим сейсмические явления. Для Белорусско-Среднерусской зоны к ведущим относятся глубинные тектонические процессы, для Донецко-Припятской допускается полигенная природа сейсмических событий.

Глава 3. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ПРИРОДЫ И РЕЛЬЕФООБРАЗУЮЩИХ ПРОЦЕССОВ В ГОЛОЦЕНЕ

Для решения вопросов современной динамики рельефа большое значение имеет изучение изменений природных процессов, происшедших в голоцене. Исследования такого рода дают необходимые материалы для расчета скоростей, познания механизма изменений рельефа и обоснованного прогноза его дальнейшего развития.

Пребореальное время

На рубеже позднеледниковья и голоцена в пребореальное время (около 10 тыс. лет тому назад) произошли значительные климатические изменения. Среднегодовые температуры по сравнению с поздним дриасом повысились на $1-1,5^{\circ}$, а среднеиюльские и среднеянварские возросли даже на 5° и равнялись соответственно $16-17,5^{\circ}$ и $-7-10,5^{\circ}$ (среднегодовая температура $3-4,5^{\circ}$). Количество осадков варьировало в пределах $500-600$ мм/год.

Температурный режим в течение пребореального периода был неодинаков. Установлено небольшое похолодание во второй половине периода.

Палинологические и палеокарпологические данные свидетельствуют, что на территории Белоруссии осуществлялся переход от холодолюбивой к теплолюбивой растительности. В северной и центральной частях республики стали преобладать сосново-березовые и березово-сосновые леса, на моренных суглинках произрастали еловые и хвойные леса с небольшой примесью широколиственных пород (рис. 22). В южных районах на фоне сосновых лесов Полесья встречались островки широколиственно-хвойных лесов на моренных суглинках и супесях. Из недревесной растительности были распространены полыни, осоки, маревые, из споровых - плауны, гипновые и зеленые мхи, папоротники. Сомкнутость древостоя еще не была высокой, а растительность не имела зональной дифференциации.

Климатические особенности и характер растительности во многом определили своеобразие рельефообразующих процессов того времени. В северной части Белоруссии завершалось таяние погребенных глыб льда, происходило заполнение озерных котловин, сокращение площади некоторых озерных водоемов (Полоцкая низина и Верхнеберезинская равнина), изменение озерной седиментации (в позднеледниковье накапливались песчано-галечные, песчаные и глинистые осадки, в пребореале стали отлагаться карбонатный сапропель, глинистый ил, глина). С процессами освобождения котловин от льда связано начало формирования уступа верхней террасы современных озер /89/.

На юге республики в начале пребореального времени существовали значительные по площади водоемы в районе озер Споровское, Выгонское, Червоное, в бассейне Верхней Припяти, Верхней Шары, Орессы, в междуречье Мухавца и Риты, в верховье Пины. В течение пребореала происходило сокращение площади этих озер и даже полное исчезновение некоторых из них. На месте озер образовывались боло-

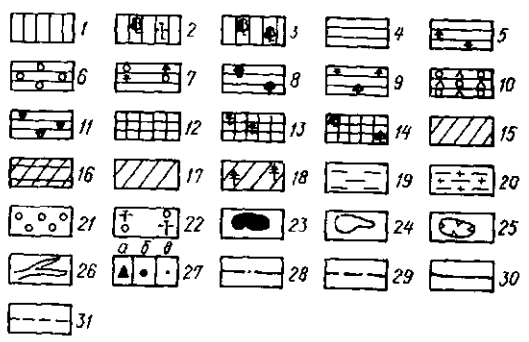
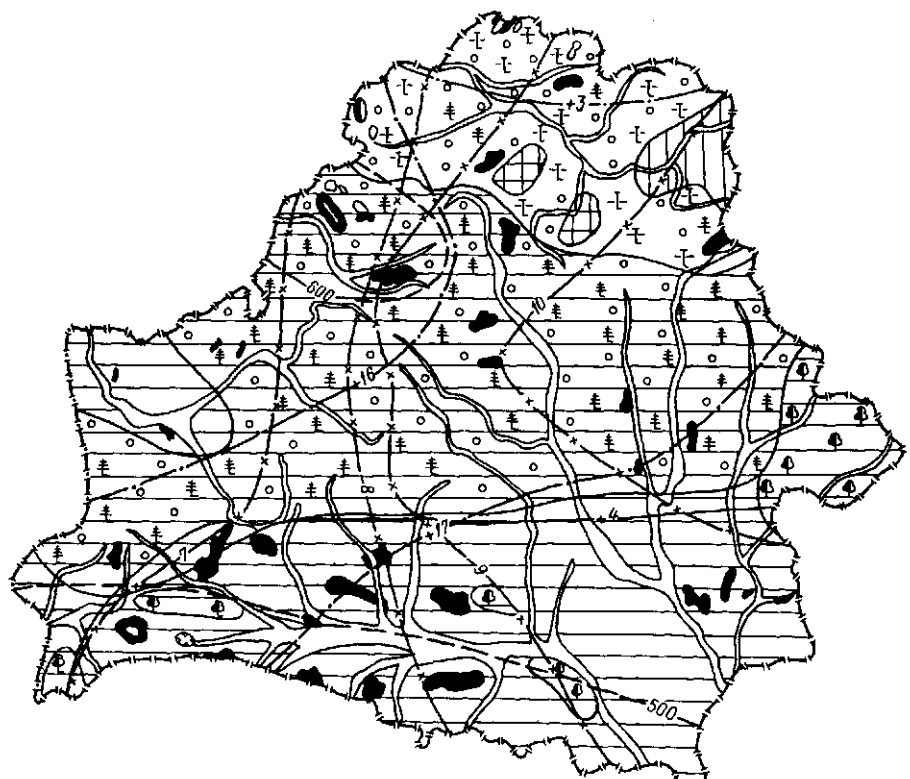


Рис. 22. Палеогеографическая карта территории Белоруссии (пребореальный период). Условные обозначения к палеогеографическим картам (рис.22-25): 1 — еловые леса с сосной и березой; 2 — еловые леса с сосной и широколиственными породами; 3 — еловые леса с широколиственными древесными породами; 4 — сосновые леса; 5 — сосновые леса с елью; 6 — сосновые леса с березой; 7 — сосновые леса с березой и елью; 8 — сосновые леса с широколиственными древесными породами; 9 — сосновые леса с елью и широколиственными древесными породами; 10 — сосновые леса с березой и ольхой; 11 — сосновые леса с широколиственными древесными породами, преимущественно дубом; 12 — смешанные (хвойно-березовые) леса; 13 — смешанные (хвойно-березовые) леса с высоким содержанием ели; 14 — смешанные (хвойно-березовые) леса с широколиственными древесными породами; 15 — широколиственные леса; 16 — сосново-широколиственные леса; 17 — елово-широколиственные леса с примесью вяза и липы; 18 — хвойно-широколиственные леса со значительным участием ольхи, березы, в подлеске с орешником; 19 — смешанные (сосново-березово-ольховые) леса; 20 — смешанные (сосново-березово-ольховые) леса с грабом; 21 — березовые леса; 22 — сосново-березовые леса с елью; 23 — болотные массивы; 24 — озера; 25 — озера позднеледникового времени, исчезнувшие в начале пребореала; 26 — поймы рек; 27 — поселения: а — мезолита, б — неолита, в — бронзового века; 28 — средние температуры июля; 29 — средние температуры января; 30 — среднегодовые температуры; 31 — среднегодовое количество осадков

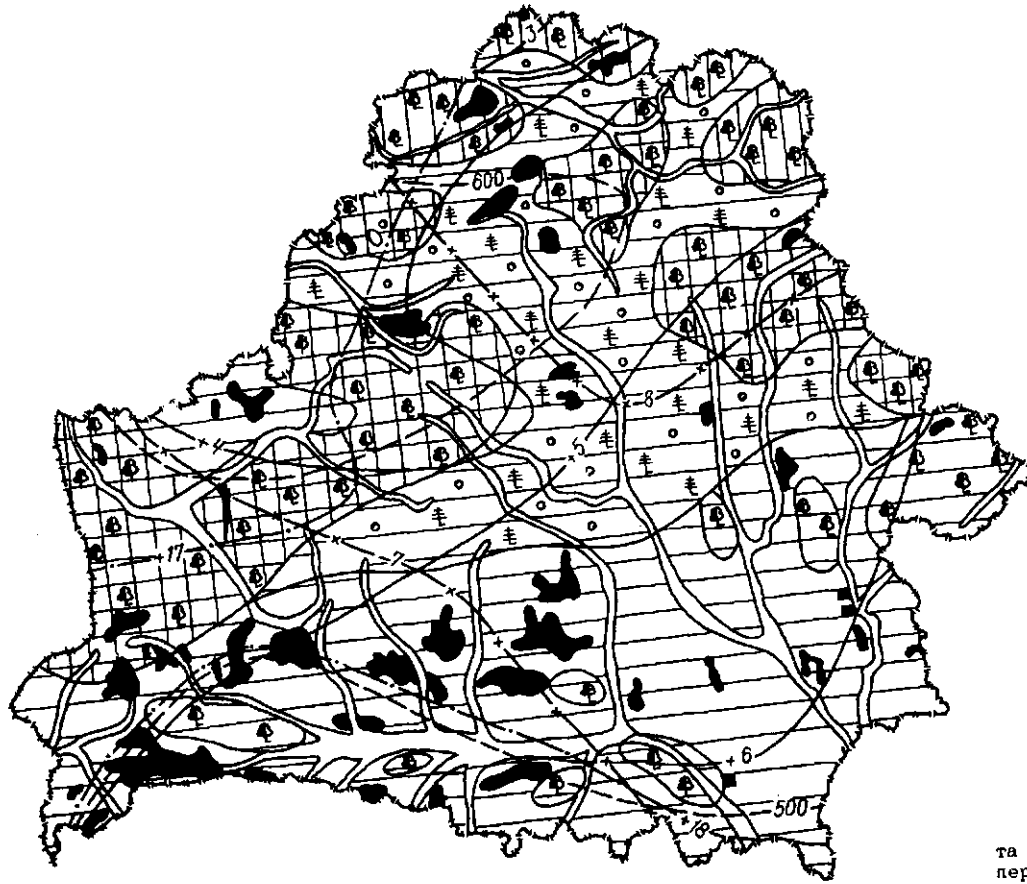


Рис. 23. Палеогеографическая карта территории Белоруссии (бореальный период)

та. В озерах накапливался опесчаненный, грубодетритовый сапропель.

В береговой зоне речных долин на территории Белоруссии продолжала развиваться овражно-балочная сеть. Характерными для того времени были также плоскостной смыв, оползни, карстовые просадки. В долинах Днепровского бассейна накапливались аллювиальные отложения пойменных террас, а у Зап. Двины, Немана и их притоков — первых надпойменных террас и пойм.

Бореальное время

В бореальный период продолжалось потепление климата. Количество выпадаемых осадков в среднем достигало современных показателей. Среднегодовая температура также приблизилась к современной и составила 5° , температура июля колебалась в интервале $17-18^{\circ}$, а января $-6...-8^{\circ}$, изотермы приобрели субширотное простираение.

Структура растительного покрова стала более разнообразной. Оформились общие черты зональности. В древостое повысилась доля широколиственных пород, на моренных суглинках и лессовидных отложениях произрастали еловые, хвойно-широколиственные леса. На водно-ледниковых и озерно-ледниковых равнинах Северной и Центральной Белоруссии получили распространение березово-сосновые и сосново-березовые леса. В Полесье господствовали сосновые и широколиственно-сосновые леса (рис. 23).

Географические условия способствовали интенсивному выщелачиванию карбонатов, поэтому в озерах центральной и северной части Белоруссии усилилось накопление карбонатного, а также известково-кремнеземистого сапропеля. Озера развивались в основном по мезотрофному типу. Закончилось оформление уступа высокой террасы озер. Более широко проявились процессы заболачивания, особенно в районах бывших приледниковых водоемов. Болотные образования в то время занимали обширные пространства и на юге республики. Наиболее широко распространялись эвтрофные травяные и травянисто-моховые болота, встречались также и облесенные эвтрофные (древесно-тростниковые и древесно-осоково-сфагновые), которые возникли путем зарастания озерных котловин, а также при заболачивании суходолов. В реках накапливались пойменные отложения, представленные гумусированными песками, супесями и суглинками. Продолжалось развитие гидрографической сети. Завершилось формирование первой надпойменной террасы, о чем свидетельствуют археологические находки /90/. Водно-эрозионные и дефляционные процессы получили развитие только локально. Несколько активизировалось проявление карста и суффозии.

Атлантическое время

Атлантический этап (8000-5000 лет тому назад) — климатический оптимум голоцена. В среднем температуры стали на $1-2^{\circ}$ выше современных, равномерно возрастая с севера на юг. Температуры июля изменились от $18,5$ до 20° , январские — от -7 до -5° . Осадков выпадало на $25-50$ мм больше, чем в настоящее время, а максимальное их количество ($700-750$ мм) приходилось на центральную часть региона. Теплый и влажный климат рассматриваемого периода благоприятство-

происходили некоторые климатические колебания. Более прохладные условия были характерны для первой половины периода, что подтверждает представление палеогеографов о глобальном похолодании в это время /91-94/. Во второй половине стало теплее и более влажно.

Изменение климата способствовало перестройке лесной растительности (рис. 25). Прежде всего это сказалось в более четко выраженной зональности и дифференциации. Некоторое похолодание, имевшее место в начале суббореала, привело к продвижению к югу зоны темнохвойных еловых, сосново-березово-еловых лесов, занимавших в атлантике крайнее северное положение. Южная граница этой зоны в суббореале протягивалась по южным отрогам Гродненской возвышенности, по правому берегу Немана, северному краю Ошмянской возвышенности на восток по северным отрогам Минской и Оршанской возвышенностей. Для западной половины темнохвойных лесов характерно значительное присутствие широколиственных древесных пород, прежде всего дуба, вяза, в подлеске орешника.

На моренных возвышенностях севера Белоруссии получили распространение смешанные леса с елью, сосной, березой. На конечноморенных грядах Центральной Белоруссии (Новогрудской, Ошмянской и Минской возвышенностях) произрастали березово-сосновые леса с елью, в подлеске часто встречалась ольха. На востоке республики в пределах Оршанской возвышенности в составе смешанных лесов отмечалась значительная примесь широколиственных пород, в основном дуба, граба, липы. На лессовидных суглинках и супесях, слагающих Могилевскую равнину, произрастали елово-сосново-березовые леса с дубом, вязом, в подлеске с орешником. На Центрально-Березинской равнине были распространены сосново-ольхово-березовые и березо-ольхово-сосновые леса с широколиственными древесными породами. На территории Белорусского Полесья формировался своеобразный растительный покров, основу которого составляли сосновые и широколиственные леса. На правобережье Припяти среди широколиственных преобладали граб, а на юго-западе Полесья - дуб.

В суббореале активно протекал болотообразовательный процесс, несколько замедлившийся, вероятно, в позднеатлантическое время. Но в целом скорость накопления торфа была меньше, чем в атлантике. Развивалось также оврагообразование, интенсивность которого могла возрасти в результате деятельности человека, способствовавшей расширению открытых пространств. Увеличились скорости плоскостного смыва. В оврагах, балках, долинах рек, озерах происходило накопление осадков. Для рек Балтийского бассейна в суббореальное время началось формирование низкой поймы, а в долинах рек Черноморского бассейна низкая пойма продолжала свое развитие.

В суббореальный период усилилась антропогенная деятельность. Поселения этого времени встречались практически повсеместно, но особенно были многочисленными по берегам Сожа, Днепра, Припяти, Немана и их притоков. На севере и в центре Белоруссии их выявлено меньше. Основным занятием человека было подсечное земледелие, рыболовство, животноводство и охота.

74

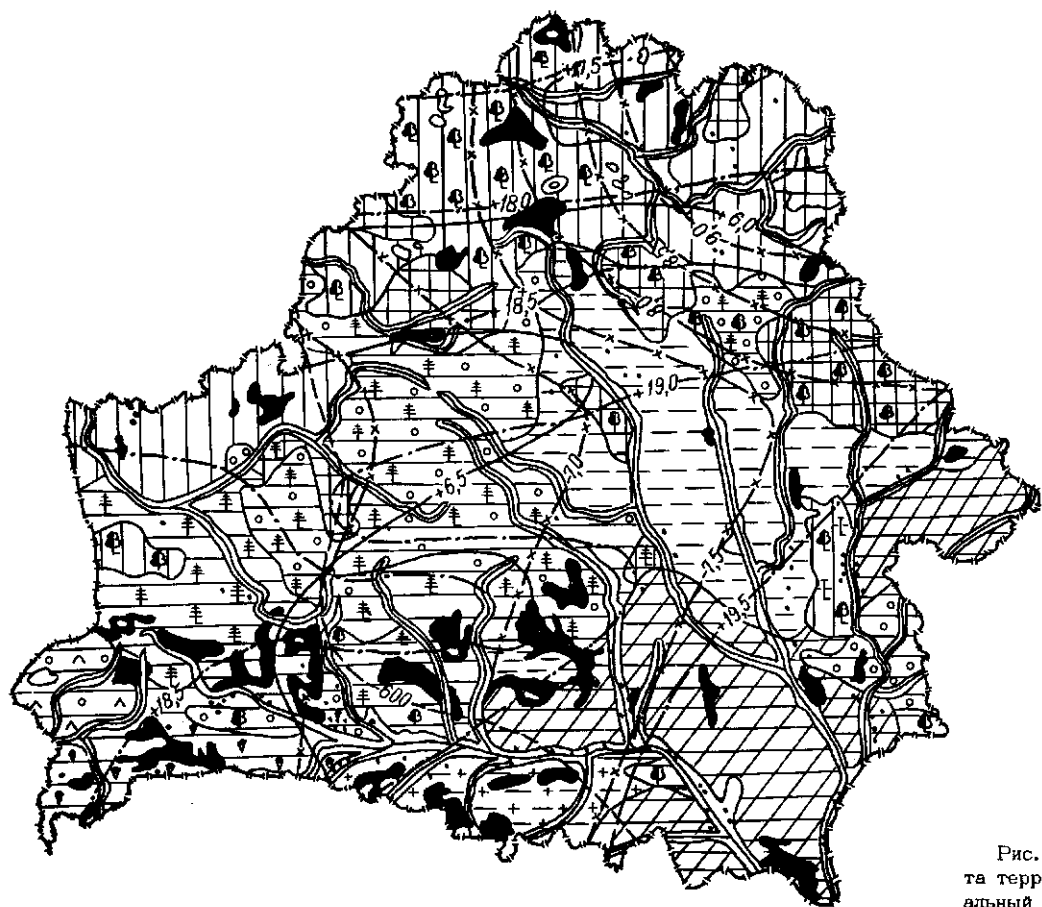


Рис. 25. Палеогеографическая карта территории Белоруссии (суббореальный период)

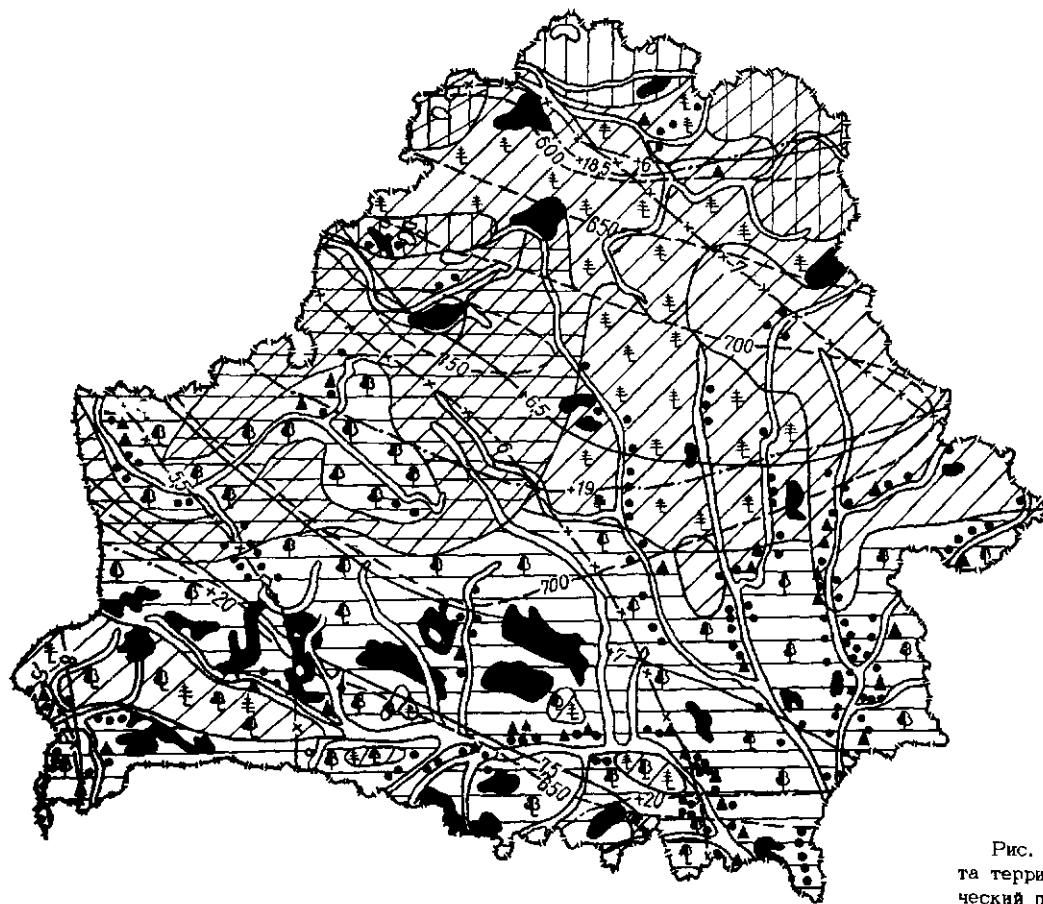


Рис. 24. Палеогеографическая карта территории Белоруссии (атланти-ческий период)

вал расселению на территории Белоруссии широколиственных пород и расширению видового разнообразия растительных ассоциаций (рис. 24). Наблюдалась четкая дифференциация растительного покрова как с севера на юг, с востока на запад, так и в зависимости от высоты над уровнем моря. Моренные возвышенности севера были покрыты еловыми (содержание пыльцы *Picea* в спорово-пыльцевых спектрах достигало 29%) и елово-широколиственными лесами с преобладанием вяза и липы, со значительным участием ольхи, орешника. На низинах Белорусского Поозерья произрастали хвойно-широколиственные леса, которые отличались от лесов возвышенностей сокращением ели в древостое (до 8-11%). Наблюдалось значительное различие в растительном покрове западной и восточной частей Центральной Белоруссии. Эти различия были вызваны распространением на востоке республики лесовидных отложений. Здесь произрастали широколиственные леса из дуба, липы, вяза. На моренных возвышенностях Центральной и Западной Белоруссии получили развитие сосново-широколиственные леса. На равнинах и низинах Полесья и Принеманья преобладали сосновые и широколиственно-сосновые леса. В восточной части республики среди широколиственных пород главную роль играл дуб, в западной - граб.

На моренных возвышенностях Полесья в атлантическом периоде были представлены грабовые дубравы и сосново-широколиственные леса с участием дуба, граба (пыльца широколиственных пород составляет 9-13%).

Из-за влажности климата широкое развитие в атлантическом периоде получили болотообразовательные процессы. В Полесье повысился уровень грунтовых вод, образовались мелководные зоны озер, произошло формирование перегнойно-глеевых почв. Это привело к развитию черноольховых лесов. Происходило эвтрофирование водоемов. Мелководные озера стали постепенно превращаться в низинные торфяники.

Климатические условия не были постоянными, и атлантический период разделялся на ранний, средний и поздний с более прохладными условиями в среднем.

В поздней атлантике, вероятно, было суше по сравнению с предыдущими эпохами. Об этом свидетельствует накопление торфа в прибрежной зоне озерных котловин (прослой торфа в Споровском, Выгновском озерах, относящихся к поздней атлантике).

Процессы плоскостной эрозии, дефляции в атлантическое время были подавлены. В долинах рек продолжалось накопление пойменного аллювия, некоторое усложнение овражно-балочных систем.

Суббореальное время

В суббореальное время (5,0-2,5 тыс. лет тому назад) произошло новое изменение климатических условий. Среднегодовая температура на территории Белоруссии варьировала от 7° на юго-западе до 5,5° на севере, средняя январская - от -6° на юго-западе до -9° на северо-востоке, а среднеиюльские температуры от 17,5° на севере до 19,5° на юго-востоке. Среднегодовое количество осадков распределялось сравнительно равномерно от 550 до 650 мм с минимальными значениями на юго-западе и максимальными на севере. В течение рассматриваемого этапа, как и во всех предшествующих периодах,

Субатлантическое время

В субатлантический период (2500 лет тому назад - настоящее время) продолжалось похолодание и увлажнение климата. Это привело к тому, что граница зоны смешанных лесов продвинулась дальше на юг, а зона широколиственных лесов в настоящее время стала занимать только южную часть Белоруссии. В растительном покрове все шире развивалась дифференциация, на которую накладывалось также антропогенное влияние. Увеличились площади земель с уничтоженной естественной растительностью, используемые под земледелие и животноводство, различные виды строительства.

Увлажнение климата обусловило подъем уровня грунтовых вод и некоторую трансгрессию озер. Усилились процессы заболачивания в понижениях. В озерах продолжалась седиментация органических осадков. В районах распространения лессовидных пород широкое развитие получила суффозия, которая не ослабевает и в настоящее время. Постепенно процессы морфогенеза приобрели современный вид. Интенсивно нарастало влияние человека на преобразование земной поверхности.

Глава 4. РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССИИ ПО ОСОБЕННОСТЯМ ПРОЯВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ РЕЛЬЕФООБ- РАЗУЮЩИХ ПРОЦЕССОВ

Одна из основных задач при изучении динамики рельефа - выявление закономерностей дифференциации отдельных процессов, их групп и условий, предопределяющих направленность развития земной поверхности. Такая задача может быть решена в двух формах - типологической и региональной (индивидуальной). В качестве исходных данных используются карты отдельных переменных и их комплексов /15, 16/.

Проблема геолого-геоморфологического зонирования

Зонирование территории, выражающее текстурные свойства геопространства, осуществлено количественными методами по различным комплексам переменных. В наиболее общей форме оно может быть получено методом главных компонент (ГК) /2/ (рис.26).

Для комплекса из 22 геолого-геоморфологических пространственных переменных карт*) (число точек наблюдений $n=103$) значения первой ГК в основном предопределяются абсолютной высотой рельефа, мощностью антропогенной толщи, глинистостью покровных отложений; второй ГК - горизонтальной расчлененностью, унаследованностью доантропогенного рельефа, алевритистостью покровных отложений; третьей ГК - водной эрозией, выположенностью рельефа, песчанистостью покровных отложений. Названные главные компоненты описывают соответственно 43,3; 11,2 и 9,5% общей дисперсии переменных.

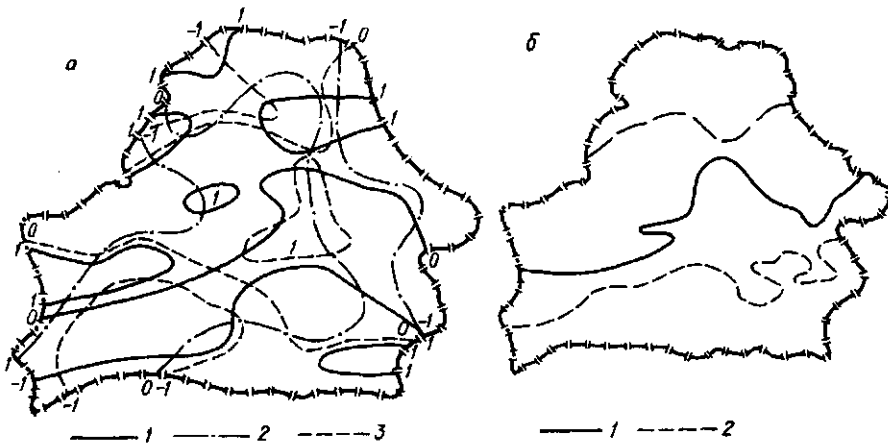


Рис. 26. Факторное зонирование по первой (1), второй (2) и третьей (3) главным компонентам комплекса геолого-геоморфологических переменных (а) и нулевой изолинии первой (1) и второй (2) главных компонент комплекса морфометрических показателей (б)

*) Перечень анализировавшихся переменных приведен в табл.9 и подробнее обоснован в монографии /2/.

Средние значения геолого-геоморфологических переменных для системы из 9 таксонов

Таблица 9

Переменная	Тип								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Рельеф ложа антропогенного покрова, м	74,1	73,2	59,0	40,0	78,6	127	98,1	93,3	122
Мощность антропогенного покрова, м	97,1	109	160	132,5	79,0	43,4	44,7	40,0	37,8
Глубина расчленения рельефа, м/км ²	7,9	7,1	17,5	12,7	5,4	6,6	4,5	4,3	3,25
Густота расчленения рельефа, км/км ²	1,0	1,1	0,80	0,92	1,9	1,0	1,5	1,8	2,02
Моренонасыщенность антропогенного разреза, %	50,4	65,3	80,0	80,0	42,0	30,4	10,4	0,0	3,75
Генетические типы антропогенных отложений, баллы	3,4	2,0	4,0	2,7	2,2	2,7	1,8	1,3	1,5
Абсолютные высоты современного рельефа, м	168	185	300	192	157	172	150	145	149
Эрозия почв, баллы	3,6	2,8	4,0	6,0	1,0	3,4	1,1	1,0	1,0
Средние уклоны водосборов рек, град	14,3	17,4	25,0	18,8	9,6	12,5	6,1	4,7	3,0
Средняя высота водосборов рек, м	164	192	212	177	162	171	143	133	153
Густота речной сети, км/км ²	0,48	0,44	0,45	0,43	0,47	0,41	0,40	0,41	0,35
Площадь сельхозугодий, % от общей площади:									
на глинах и суглинках	61,3	43,8	60,5	33,2	8,9	34,8	11,8	6,4	2,9
на супесях	25,0	38,1	24,4	50,6	26,1	47,3	35,4	22,0	33,6
на песках	4,5	6,2	5,9	7,5	22,7	8,7	22,0	36,4	38,0
на торфах	10,0	11,1	9,2	8,1	42,3	8,9	22,0	35,2	25,4
Содержание в почвах, %:									
SiO ₂	75,7	83,8	80,0	76,7	77,0	84,4	87,5	71,7	65,0
Al ₂ O ₃	8,7	6,0	8,0	9,0	5,8	6,5	4,4	6,3	3,0
Fe ₂ O ₃	2,7	2,1	3,0	3,0	1,1	2,2	1,4	2,5	1,5
CaO	2,6	1,4	2,25	3,0	1,3	1,3	0,8	3,8	0,40
MgO	1,2	0,73	1,13	1,5	0,91	0,7	0,44	0,75	0,10
K ₂ O	2,4	1,9	1,8	2,5	0,8	1,9	1,0	2,3	0,0
Na ₂ O	0,70	0,59	0,57	0,62	0,25	0,68	0,35	0,62	0,05

Для комплекса из 14 морфометрических показателей рельефа ($n=401$) в качестве основных факторов выступают вертикальная расчлененность (38,6%), горизонтальная расчлененность (18,5%), контурность рельефа (12,1%) /3/. Важнейшие факторные границы совпадают с границами оледенений. Аналогично этому по комплексу из 14 переменных, характеризующих развитие плоскостной эрозии почв ($n=799$), выделяются три наиболее важных интегральных фактора, отражающих влияние вертикальной расчлененности рельефа (первая ГК), бассейновой организации территории (вторая ГК) и сельскохозяйственной освоенности территории (третья ГК) на водно-эрозионные процессы. На них приходится соответственно 27,5; 15,9 и 12,8% общей дисперсии комплекса переменных.

В схеме зонирования территории по сложившимся природно-хозяйственным условиям и интенсивности развития плоскостной и линейной эрозии, как и в предыдущих случаях, зоны представляют собой типологические гомогенные образования (рис. 27). По принципу однородности выделяются три зоны: сильного проявления плоскостной и линейной эрозии и высокого потенциала их развития (преимущественно центральная часть Белоруссии); слабого и среднего проявле-

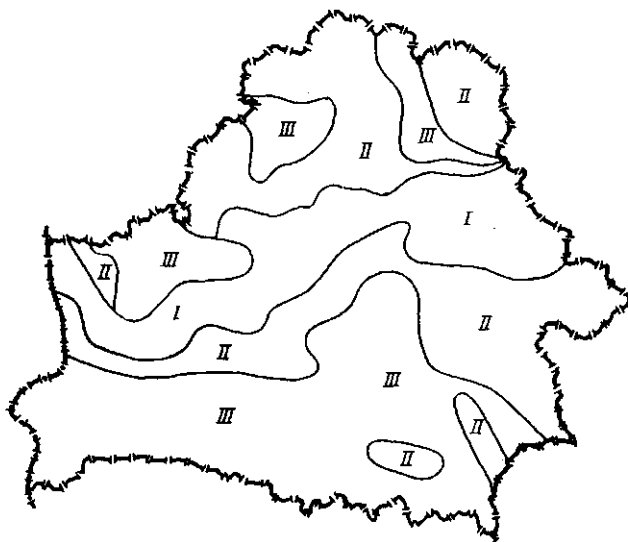


Рис. 27. Зонирование территории Белоруссии по интенсивности и условиям развития плоскостной и линейной эрозии почв

ния плоскостной и линейной эрозии, а также значительного потенциала их развития (большая часть равнин Предполесья, некоторые возвышенности и равнины Белорусского Поозерья); отсутствия или очагового проявления плоскостной и линейной эрозии, малого потенциала их развития (территория Белорусского Полесья, Центрально-Березинская равнина, Неманская и Полоцкая низины).

Если зону понимать как гетерогенное образование, то при зонировании региона следует иметь в виду следующие положения. Для разных комплексов геолого-геоморфологических переменных статистически обосновывается основная факторная зональная широтная граница, делящая территорию на северную и южную части. Дальнейшее деление южной части на Предполесье и Полесье прослеживается также

достаточно уверенно по разным комплексам переменных, как и деление северной части на Поозерье и Белорусскую гряду. В последнем случае проблема границы более сложна из-за большой разнородности рельефа. Таким образом, в зависимости от целей и исходных данных могут быть использованы двух-, трех- или четырехзональные модели организации геопространства. Их построение может быть выполнено на основе приведенных схем факторного зонирования, основанных на принципе однородности и по сути своей типологических.

Задачи территориальной типологии геолого-геоморфологических условий

В качестве объектов классифицирования для комплекса 22 геолого-геоморфологических переменных выступают координатные узлы квадратной сетки, в которых определены значения переменных, т.е. данные те же, что и при решении задачи зонирования. Из полученной последовательности деления множества координатных узлов на 2-20 классов рассмотрим деление на 9 типов, удовлетворяющее локальному максимуму критериев качества классификации. Оно позволяет выполнить типизацию геолого-геоморфологических обстановок на территории Белоруссии. Основными, наиболее распространенными типами являются: 1 - мелкохолмистый (поозерский), 2 - крупнохолмисто-грядовый (центрально-белорусский), 6 - лессовых плато (оршанско-могилевский), 7 - низинный (полесский). На их долю приходится около 80% всей площади. Ограниченное распространение имеют следующие типы: 3 - грядовый (минско-новогрудский), 4 - холмисто-грядовый (новогрудско-волковысский), 5 - водно-ледниковых равнин (щарско-ясельдинский), 8 - аллювиальных террас (пинско-припятский), 9 - водно-ледниковых низин (бугский). Количественная характеристика выделенных геолого-геоморфологических типов территории приведена в табл.9. Графическая модель этой типизации - карта типологической дифференциации (районирования) региона.

По комплексу морфометрических показателей на основе деления 401 ключевого участка, которые являются объектом классификации, на 15 классов (К) и их последующего укрупнения выделено 4 типа рельефа: холмистый, холмисто-волнистый, плосководнистый и плоский. Деление на 50 таксонов использовано для выделения морфометрических подтипов рельефа. В качестве подтипов взяты таксоны, для которых $n/k > 15$. Таких классов оказалось 14. К ним добавлено 7 устойчиво выделяющихся таксонов на предыдущих шагах таксонирования (табл.10,11). Разработанная типизация является иерархической двухуровневой моделью территориальной типологической дифференциации (рис.28). Как на уровне типов, так и подтипов рельефа хорошо прослеживается высотная поясность. В распределении типов рельефа главную роль играет фактор вертикальной расчлененности, а подтипов - факторы горизонтальной расчлененности и контурности.

По тем же данным решена задача классификации-типизации ключевых участков по взаимосвязям семи морфометрических показателей /3/. По локальным значениям парного коэффициента корреляции в соответствии с табл.12 выделены типы, подтипы, виды и подвиды рельефа. Графическим представлением классификации является карта типологического районирования (рис.29). При этом типы и подтипы описывают взаимосвязи показателей вертикальной расчлененности,

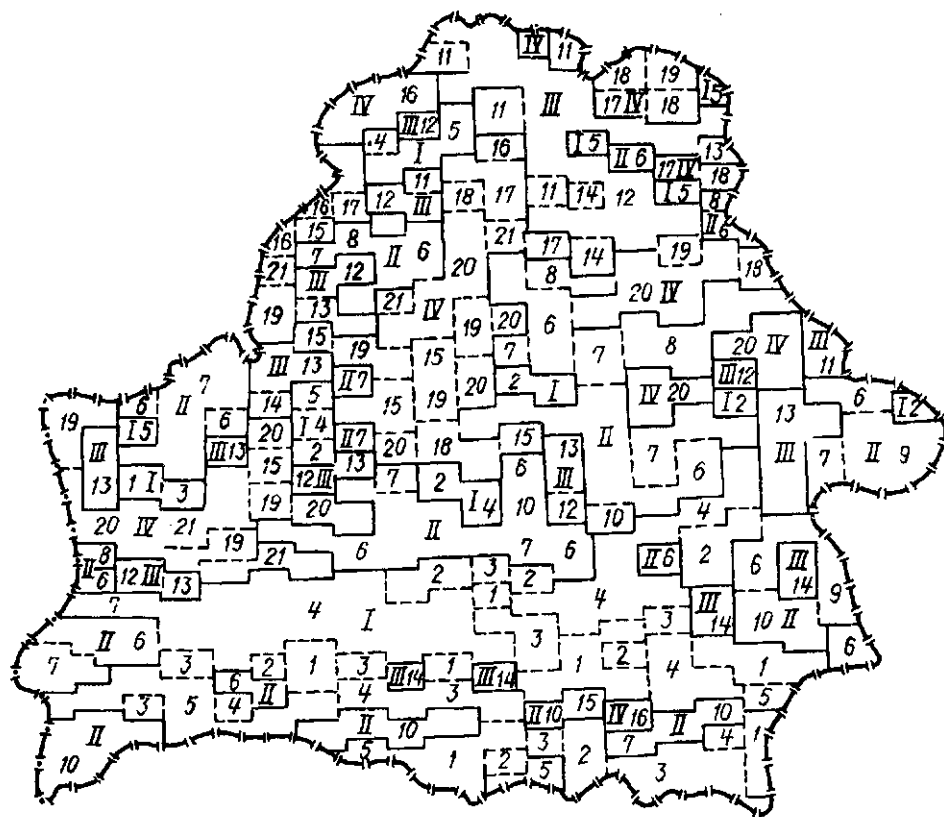


Рис. 28. Типологическая дифференциация территории Белоруссии по комплексу морфометрических показателей: типы рельефа: I — плоский (подтипы 1—5); II — плосковолнистый (6—10); III — холмисто-волнистый (11—14); IV — холмистый (подтипы 15—21)

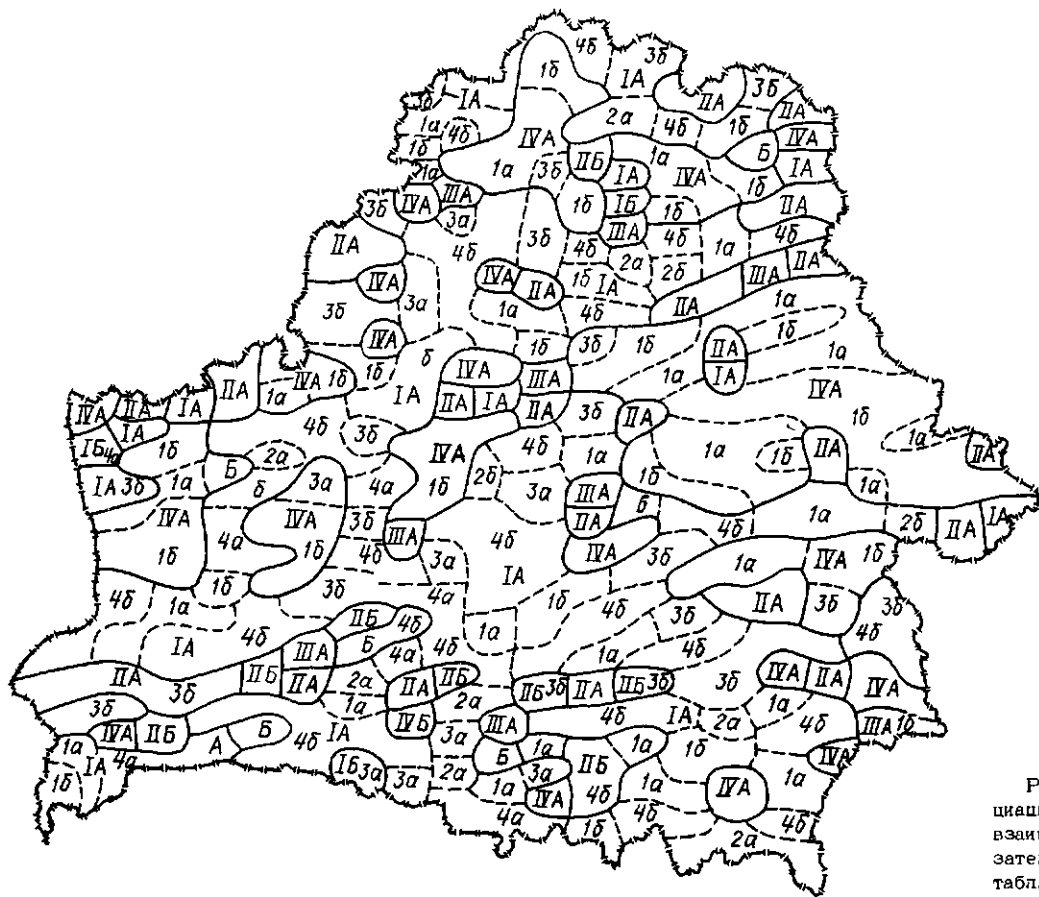


Рис. 29. Типологическая дифференциация территории Белоруссии по взаимосвязям морфометрических показателей. Условные обозначения см. в табл.12

Таблица 10

Средние значения морфометрических переменных
для разных типов рельефа

Переменная	Тип			
	1	2	3	4
Абсолютная высота, м	142,3	181,3	153,0	188,0
Глубина расчленения, м	3,61	7,83	12,55	19,49
Густота расчленения, км/км ²	0,46	0,59	0,71	0,71
Крутизна склонов, град	0,60	1,42	4,08	5,27
Длина склонов, км/км ²	0,10	0,30	0,24	0,33
Холмистость, шт/км ²	0,57	0,82	2,87	2,73
Западинность, шт/км ²	0,82	0,77	1,32	0,32

Таблица 11

Средние значения морфометрических переменных для разных подтипов
рельефа

Подтип рельефа	Абсолютная высота, м	Глубина расчленения, м	Густота расчленения, км/км ²	Крутизна склонов, град	Длина склонов, км/км ²	Холмистость, шт/км ²	Западинность, шт/км ²
1	132,0	4,0	0,39	1,10	0,10	0,66	0,97
2	155,8	4,5	0,30	0,51	0,17	0,57	0,81
3	134,0	2,3	0,45	0,18	0,05	0,35	2,22
4	144,4	2,7	0,42	0,19	0,07	0,37	0,48
5	144,2	4,6	0,72	1,34	0,11	0,90	0,36
6	163,4	6,8	0,51	1,01	0,26	0,68	0,30
7	164,7	10,8	0,53	1,89	0,48	0,67	0,21
8	185,4	10,5	0,51	2,61	0,33	1,68	1,18
9	158,0	8,1	0,54	1,28	0,23	0,63	4,88
10	134,6	3,9	0,94	0,97	0,11	0,87	1,53
11	154,1	14,2	1,08	5,74	0,17	6,35	0,18
12	152,6	12,4	0,62	4,67	0,22	3,62	0,55
13	149,8	13,1	0,63	2,97	0,35	0,96	0,79
14	147,9	9,7	0,76	3,11	0,17	1,73	4,74
15	254,2	29,1	0,81	6,30	0,32	2,98	0,10
16	159,6	16,5	0,82	6,73	0,16	7,24	0,28
17	183,0	21,3	0,88	7,23	0,19	6,63	0,54
18	190,1	16,0	0,86	4,80	0,22	4,31	0,81
19	197,1	24,6	0,66	5,98	0,28	2,55	0,29
20	188,0	16,6	0,71	4,13	0,39	1,17	0,30
21	182,6	21,1	0,46	4,84	0,57	1,94	0,13

виды и подвиды отражают связи между показателями горизонтальной и вертикальной расчлененности. Основным является тип 1 взаимосвязей: абсолютная высота положительно коррелирует с глубиной расчленения и крутизной склонов, а следовательно, с холмистостью и длиной склонов. Этот тип присущ хорошо дренированным и расчлененным пространствам разного возраста и генезиса.

Тип 1У взаимосвязей отличается отрицательной корреляцией абсолютной высоты с другими показателями вертикальной расчлененности. Он характерен для равнинных пространств, где развиты лессовые,

Таблица 12

Классификация взаимосвязей морфометрических переменных
по знакам коэффициента корреляции

Площадь, %	Переменные		Тип	Под- тип	Площадь, %	Переменные		Вид	Под- вид
	Абсолютная высота					Густота расчленения			
	Глубина расчленения	Крутизна склонов				Глубина расчленения	Крутизна склонов		
59	+	+	I		52	+	+	1	
11	+	-	II		4	+	-	2	
2	-	+	III		19	-	+	3	
28	-	-	IV		25	-	-	4	
	Глубина расчленения	Крутизна склонов				Глубина расчленения	Крутизна склонов		
94,5		+		A	34		+		a
5,5		-		B	66		-		б

Таблица 13

Средние значения природных и антропогенных показателей
условий развития плоскостной эрозии разной интенсивности

Показатели	Тип					
	1	2	3	4	5	6
Средняя интенсивность смыва почв со склонов, т/га в год	1	1,5	6,5	20	40	50
Интенсивность смыва почв, т/га в весенний период	0,5	0,8	3,6	10	25	30
в летне-осенний период	0,35	0,7	2,0	5,0	11,5	20
Крутизна склонов, град	0,5	1,5	2,5	4,0	4,5	6,0
Глубина расчленения, м/км ²	5	7,5	10	15	20	25
Густота расчленения, км/км ²	0,3	0,5	0,6	0,6	0,75	1,0
Длина склонов, км	0,25	0,20	0,34	0,40	0,55	0,60
ДНС*) м/с	0,42	0,75	0,55	0,57	0,65	0,71
Осадки за год, мм	600	625	610	650	660	675
Модуль среднегодового поверхностного стока, л/с с 1 км ²	5,6	6,9	6,3	6,55	6,5	6,7

*) ДНС — допустимые размывающие скорости.

водно-ледниковые, древнеаллювиальные отложения. В пределах таких участков интенсивной эрозионной обработке подверглись площади, прилегающие к местным базисам эрозии. Тип II взаимосвязей встречается редко, в двух вариациях: крупные пологие формы занимают самый высокий ярус рельефа, мелкие формы с крутыми склонами характерны для низкого яруса. Тип III взаимосвязей практически не встречается.

По условиям развития плоскостной эрозии (14 переменных, объ-

Средние значения показателей условий и на различных

Показатели	Средние значения показателей условий и на различных				
	1	2	3	4	5
Площадь распространения, км ²	1063	1403	1986	2636	3149
Густота овражной сети, км/км ²	0,45	0,49	0,50	0,51	0,66
Плотность овражной сети, шт/10 км ²	4,3	8	12	19	21
Плотность активных оврагов, шт/10 км ²	1,0	1,0	1,5	3,0	2,1
Глубина вреза, м	8,4	14,5	18,8	11,1	25,8
Крутизна склонов, град	2,0	4,1	6,0	3,3	6,5
Длина склонов, км/км ²	0,28	0,35	0,52	0,34	0,55
Лесистость, %	23,8	59,7	56,5	22,5	39,4

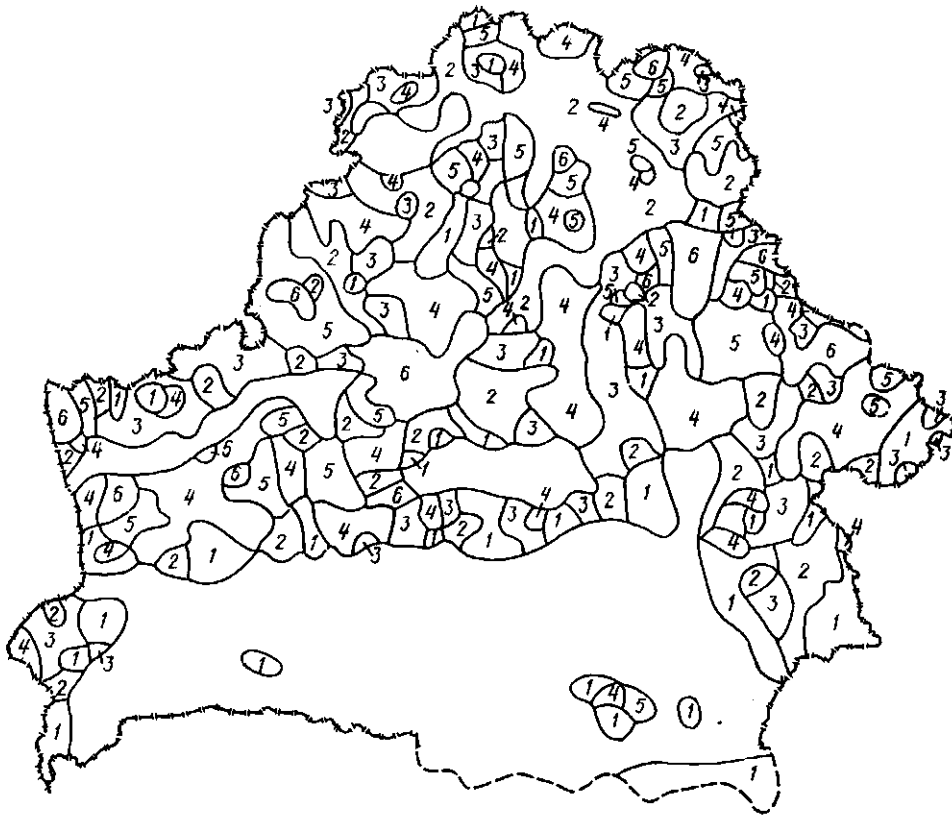


Рис. 30. Типизация земель по интенсивности и условиям развития плоскостной эрозии

Таблица 14

интенсивности развития овражной сети
типах овражных земель

Тип земель						Общая величина для территории
6	7	8	9	10	11	
1287	613	272	642	454	92	13599
0,70	0,93	0,78	0,75	0,90	0,57	0,51
22	42	44	57	57	74	14,6
4,0	24	16	14	23	44	3,6
30,0	11,3	9,3	22,5	20,0	13,8	12,3
5,0	4,7	2,3	5,3	5,5	3,0	3,4
0,60	0,22	0,20	0,40	0,40	0,40	0,30
18,0	38,3	12,6	46,0	7,0	22,9	34,0

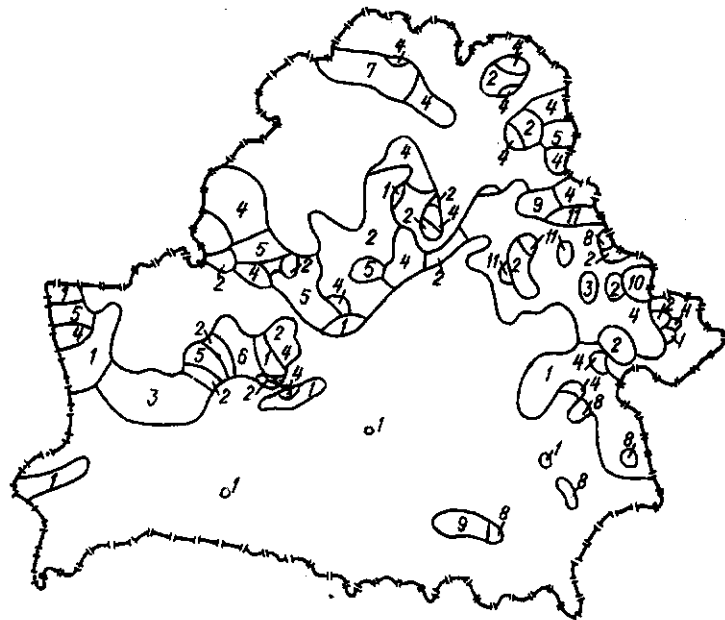


Рис. 31. Типы земель по интенсивности и условиям развития линейной (овражной) эрозии: 1 — Преполоеский, 2 — Ошмянский, 3 — Волковысский, 4 — Оршанско-Могилевский, 5 — Минский, 6 — Новогрудский, 7 — Верхнедвинский, 8 — Речицкий, 9 — Мозырский, 10 — Мстиславский, 11 — Горешкий

ектами классификации являются речные бассейны второго порядка (n=799) выделено 7 типов земель. Они характеризуются таким образом: тип 0 - фактическим отсутствием эрозии, тип 1 - величиной смыва 0,2-0,5, местами до 1 т/га в год; тип 2 - 1-3; тип 3 - 3-10; тип 4 - 10-30; тип 5 - 30-50; тип 6 - более 50 т/га в год. Типы 1 и 0 занимают около 38%, на типы 4 - 6 со смывом более 10 т/га в год

приходится 35% площади территории республики. Средние значения природных и антропогенных показателей для разных типов земель приводятся в табл.13. Картографическое изображение типизации земель по условиям плоскостной эрозии дано на рис. 30.

Разработанная на основе схем таксонирования классификация - типизация условий развития форм линейной эрозии (14 переменных, 300 участков развития или точек проявления анализируемого процесса) - включает 11 типов земель (табл.14, рис.31). Выделенные типы отражают территориальные особенности условий образования овражно-балочной сети и различаются по плотности и соотношению различных форм проявления линейной эрозии, интенсивности процесса, его современной активности, устойчивости по отношению к антропогенным воздействиям, связанными с литологическим, геоморфологическим, гидролого-климатическим и другими факторами.

Таким образом, приведенные примеры свидетельствуют о большом разнообразии типологических описаний геопространства, каждое из которых - своеобразная модель, которая определяется степенью репрезентативности комплекса переменных и особенностями вычислительного алгоритма. В этом смысле нет единственного оптимального решения задачи пространственной типологии, ибо геопространство полиструктурно. Полученные в результате применения классификационной процедуры классы (таксоны) представляют собой гомогенные образования. Требование максимальной однородности классов не дает возможности строгого получения иерархической структуры, т.е. классы-ареалы более высокого уровня не всегда состоят из целого числа классов-ареалов низшего уровня. При этом границы более высокого уровня не обязательно являются частью границ таксонов низшего уровня.

Задачи регионального (индивидуального) районирования по геолого-геоморфологическим данным

Переход от классификации-типизации, полученной по комплексу 22 геолого-геоморфологических переменных, к карте индивидуальной дифференциации осуществлен при числе таксонов 2,6,9,13,18, которые удовлетворяют экстремальным значениям критериев качества. Деление на два таксона приводит к двухзонной схеме, соответствующей типизации территории по нулевой изолинии значений первой главной компоненты. При 6 и 9 таксонах индивидуальная дифференциация сводится к выделению 5 ареалов (рис.32, а,б). При этом в первом случае однородной оказалась северо-восточная часть, занимающая почти половину площади региона. Во втором варианте ареалы, кроме самого южного, близки по размерам и приближаются к модели, пригодной для обоснования границ областей. Дифференциация на базе 13 и 18 таксонов является переходной к системе районов (рис. 32, в,г). Классификация ключевых участков по комплексу морфометрических показателей при 25 классах трансформируется в схему индивидуальной дифференциации из 18 односвязных ареалов, включающих не менее 100 ключевых участков (рис.33).

Для описания системы выделенных ареалов данные были представлены в виде балльных оценок морфометрических показателей рельефа. При этом соответственно квартилям распределения вводилась четырехбалльная шкала и, кроме того, выделялись экстремальные значе-

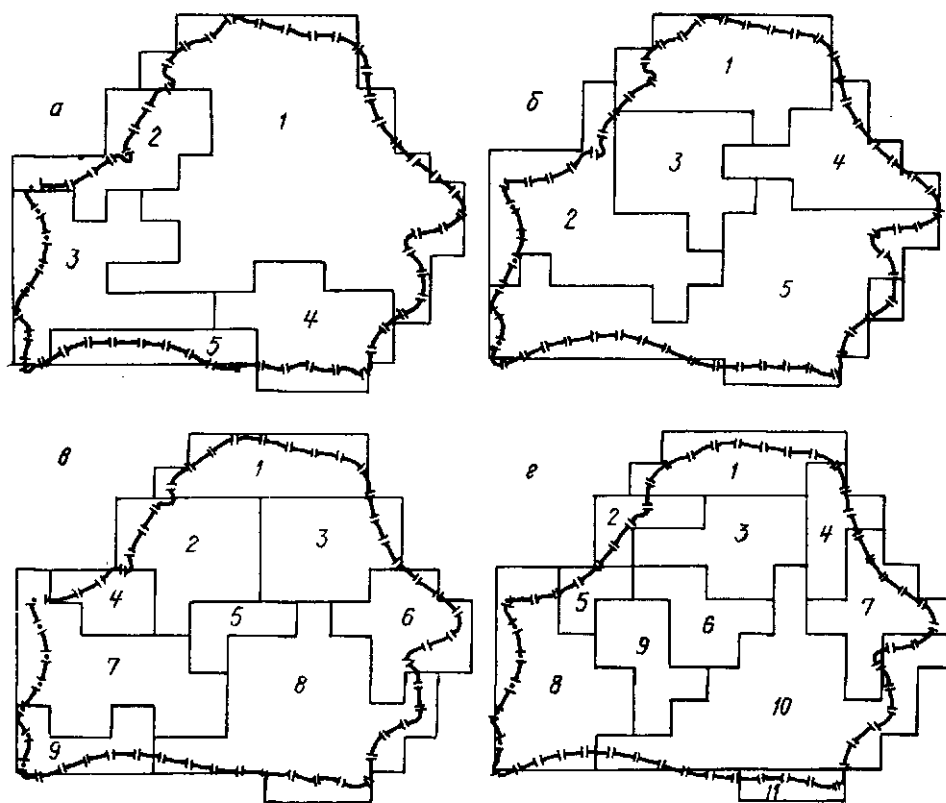


Рис. 32. Индивидуальная дифференциация территории Белоруссии по комплексу геолого-геоморфологических переменных: а — число таксонов 6, число компактных ареалов 5; б — соответственно 9-5; в — 13-9; г — 18-11

ния. При районировании рассматривались следующие морфометрические характеристики: относительное положение в рельефе (по средней абсолютной высоте), высотная однородность (по вариации абсолютных отметок), глубина и густота расчленения, крутизна и длина склонов, холмистость и западинность (табл.15). По совокупности этих значений прослеживается сходство (различие) ареалов на основе сумм баллов. Наиболее обособлены три группы ареалов: 16-18 - весьма слабая дифференциация по морфометрическим показателям, кроме западинности; 6-8 - максимальная вертикальная расчлененность; 1,2 - повышенная горизонтальная расчлененность и холмистость. К третьей группе примыкают ареалы 3, а также 4 и 5, причем последние два являются переходными ко второй группе. Промежуточное положение между основными группами занимают ареалы 10 и 11; 12 и 15; 9, 13 и 14.

Схема индивидуального районирования территории Белоруссии была разработана на основе типизации бассейнов рек ($n=799$) по условиям формирования плоскостной эрозии при числе таксонов 3,10, 15 и 20. Оптимальное по критериям качества решение достигнуто при

Таблица 15
Интенсивность проявления морфометрических свойств рельефа

Район (ареал)	Относительное положение в рельефе	Высотная однородность	Глубина расчленения	Густота расчленения	Кривизна склонов	Длина склонов	Холмистость	Западинность
Дисненский (1)	4	3	4	1*	1*	4	1*	4*
Дрысенский (2)	4	2	2	1*	1*	4	1	2
Витебский (3)	3	1	1	1	1	4	1	4
Нарочанский (4)	1	1	2	1	2	3	1	1
Оршанско-Городокский (5)	1	2	1	1	1	2	1*	2
Неманский (6)	3	1	1	2	2	2	2	3
Ошмянско-Гродненский (7)	2	1	1*	2	1	2	2	3
Минский (8)	1*	1*	1*	2	3	1	3	4
Борисовский (9)	2	3	3	4	3	1	2	1
Могилевский (10)	1	2	2	3	2	2	3	1
Кричевский (11)	2	3	2	2	3	3	4	2
Волковысский (12)	3	3	3	4	4	3	3	2
Осиповичский (13)	2	4	3	3	3	1	3	4
Копыльский (14)	1	2	3	4*	3	4	1	3
Бобруйский (15)	3	4	4	4	4	4	4	1*
Гомельский (16)	4*	4	4	3	4	4	4	2
Брестский (17)	4	4	4	3	4	3	4	4
Припятско-Днепровский (18)	4	4*	4*	4	4*	4*	4*	1

Примечание. 1* — максимальное значение, 4* — минимальное значение.

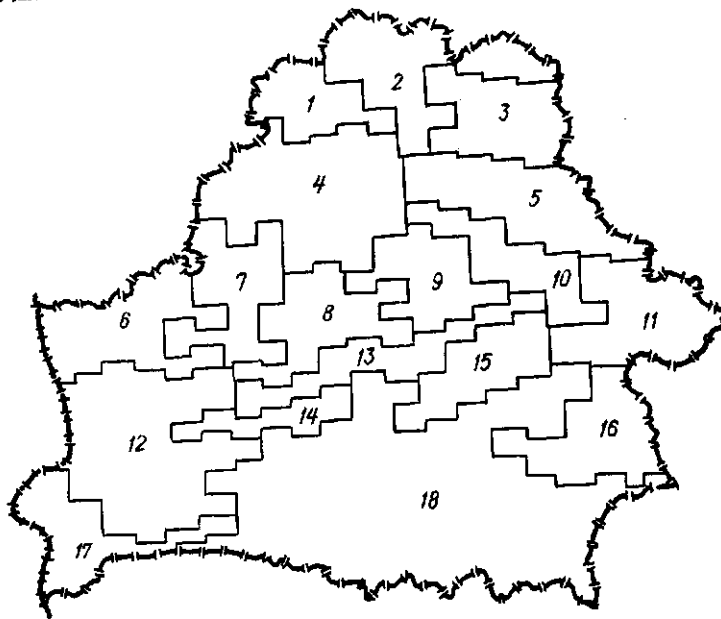


Рис. 33. Индивидуальная дифференциация территории Белоруссии по комплексу морфометрических показателей

Запа-
ин-
юсть

4^ж
4
4
4
1
3
3
3
4
1
1
2
2
4
3
1
2
1

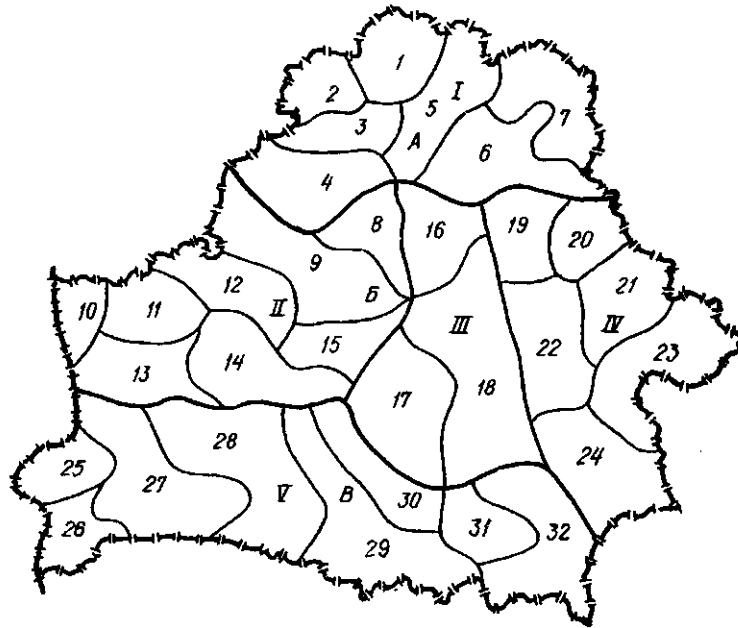


Рис. 34. Районирование Белоруссии по интенсивности и условиям развития водно-эрозионных процессов. Зоны: А — Северная, Б — Центральная, В — Южная; области: I — Нарочанско-Западно-Двинская, II — Вилейско-Неманская, III — Березинская, IV — Днепровско-Сожская, V — Бугско-Припятская; районы: 1 — Освейско-Дрыский, 2 — Браславский, 3 — Дисненский, 4 — Нарочанский, 5 — Полота-Ушачский, 6 — Лучоса-Обольский, 7 — Витебско-Городокский, 8 — Верхнедвинский, 9 — Ошмяно-Минский, 10 — Гродненский, 11 — Котра-Дитвинский, 12 — Гауя-Западно-Березинский, 13 — Шара-Зельвянский, 14 — Новогрудско-Копыльский, 15 — Верхнеманский, 16 — Верхнеберезинский, 17 — Оресса-Птичский, 18 — Олеса-Березинский, 19 — Оршанский, 20 — Горецко-Дубровинский, 21 — Проня-Сожский, 22 — Дзержинский, 23 — Бесельский, 24 — Ипуть-Сожский, 25 — Прибугский, 26 — Малоритский, 27 — Пинский, 28 — Горынь-Бобрянский, 29 — Уборть-Ланьский, 30 — Морочь-Припятский, 31 — Мозырский, 32 — Веprичь-Брагинский

числе классов 10, что привело к системе из 30 односвязных ареалов, включающих не менее 8 бассейнов. Главная особенность такого районирования — выделение трех меридиональных полос-зон — западной, центральной и восточной. Центральная полоса включает бассейны Дрысы, Березины, верховье Вилии, междуречье Припяти и Днепра ниже Мозыря и Речицы.

Деление на 20 классов позволило получить систему из 34 замкнутых ареалов с числом бассейнов в каждом не менее 8. При этом северная и южная части оказались слабо дифференцированными. На основе названных двух вариантов предложена единая схема из 32 ареалов-районов, объединенных в 5 ареалов-областей. Система областей описывает единство меридиональной и широтной зональностей, причем широтная зональность четче прослеживается в пространственной организации более мелких ареалов и в основном обусловлена структурой речной сети северной и юго-западной частей территории Белоруссии. Меридиональная зональность лучше выражена в размещении более крупных ареалов и связана преимущественно со структурой речной сети восточной и центральной частей Белоруссии

кску морфо-

Таблица 16

Средние значения характеристик условий проявления водной эрозии почв

Показатели	Области				
	I	II	III	IV	V
Длина водотоков, км	39,8	54,1	74,8	50,3	125,6
Плотность оврагов, шт/10 км ²	4,8	10,0	3,3	18,0	4,2
Площадь, занятая линейными формами эрозии, % от общей площади	4,6	15,2	2,2	11,7	3,2
Активные овраги, % от общего числа	3,7	5,6	1,2	8,5	3,7
ДНС покровных отложений, м/с	0,6	0,7	0,5	0,6	0,5
Глубина расчленения, м/км ²	10,0	14,4	6,9	9,1	4,5
Густота расчленения, км/км ²	0,8	0,6	0,5	0,6	0,5
Крутизна склонов, град	3,5	3,2	1,4	2,2	0,9
Длина склонов, км/км ²	0,2	0,4	0,3	0,3	0,1
Лесистость, %	44,6	36,7	50,2	31,6	49,0
Площадь бассейна, км ²	155,6	263,2	309,8	262,2	442,6
Слой стока весеннего половодья, мм	99,6	67,0	74,1	80,4	48,3
Распаханность, %	25,8	31,5	25,6	35,5	21,2
Слой поверхностного стока, мм	81,9	90,6	82,0	93,4	81,4
Модуль стока наносов в половодье, т/га	10,2	20,9	5,2	18,5	1,1
Модуль стока паводковых наносов, т/га	1,9	4,3	0,4	1,5	0,3
Модуль стока наносов с пашни за год, т/га	12,2	25,3	5,7	20,0	1,4

(рис. 34). Средние значения показателей условий развития плоскостной эрозии по областям приводятся в табл. 16. Построенная схема индивидуальной дифференциации территории является иерархической с соподчинением зон, областей и районов, хотя границы выделяемых ареалов размыты.

Районирование территории Белоруссии по распространению линеаментов

Дифференциация территории Белоруссии по особенностям распространения линеаментов проводилась на основе анализа показателей их ориентировки и плотности (объектной и линейной). Параметр "направление" применялся для группировки линеаментов при заданных диапазоне колебания относительно среднего и шаге между смежными средними направлениями. Объектная плотность определялась как число линеаментов, расположенных в квадрате, секущих его, проходящих через вершины и полностью или частично совпадающих со сторонами квадрата заданной площади. Линейная плотность исчислялась как сумма длин отрезков линеаментов, попадающих в квадрат. В случае, если линеамент лежал на стороне квадрата, в сумме учитывалась половина фиксируемой длины.

Для вычисления указанных величин был разработан алгоритм, реализованный на ЕС ЭВМ на языке ФОРТРАН-IV. Исходными данными послужили списки координат концов линеаментов, составленные по карте в условной прямоугольной системе. Плотности рассчитывались для четырех групп со средними значениями азимутов 0, 45, 90 и 135° и граничными направлениями, отклоняющимися не более чем на +22, 5° от среднего. Размер квадрата постоянен для всей карты и вариантов расчетов и равен 40x40 км². Рассчитанные плотности

относились к центрам квадратов, которые размещались по сети с шагом 40 и 20 км (в последнем случае осуществлялось скользящее осреднение плотностей). Полученные данные использованы для построения карт объектной и линейной плотностей линеаментов заданных направлений.

Рассмотренные данные послужили основой для построения схемы районирования методом автоматического районирования (АР). В алго-

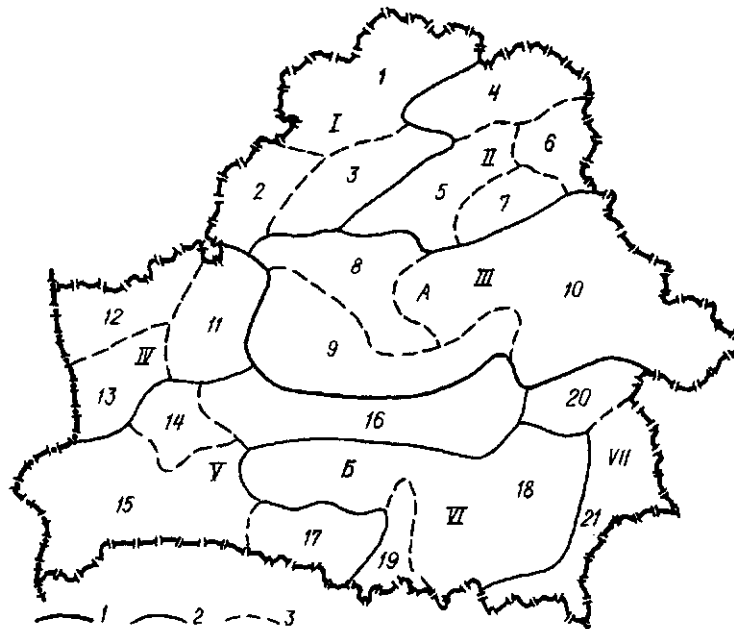


Рис. 35. Районирование территории Белоруссии по современным линейным тектоническим деформациям. Границы: 1 — первого порядка (зоны А,Б); 2 — второго порядка (районы I-VII); 3 — третьего порядка (подрайоны 1—21)

ритме АР задача решается в два крупных этапа: 1) разделение множества объектов на заданное число классов (этап классифицирования объектов, соответствующий решению задачи типологического районирования) и 2) трансформация схемы типологического районирования в схему индивидуального районирования путем распределения объектов из малочисленных ареалов между смежными более крупными выделами по максимуму сходства в признаковом пространстве. Объектами классификации являлись квадраты, центры которых расположены по заданной сети. Каждый из квадратов описан четырьмя парами значений плотностей линеаментов, т.е. восемью признаками. Полученная таким способом схема представляет собой совмещенный результат серии расчетов при делении множества на 7 классов при разных шагах квадратной сети. Рассматривались расчеты в двух вариантах: 1) с учетом всех квадратов, покрывающих территорию, и 2) при отбрасывании неполных приграничных квадратов.

Результаты расчетов при шаге сети 40 км по второму варианту ($n=106$) свидетельствуют о четком разделении региона на северную и

Таблица 17

Территориальное распределение объектной (d_1) и линейной (d_2) плотностей современных линейных тектонических деформаций разных направлений

Таксоны			Площадь, %	Направление							
Порядок	Индекс	Наименование		С - Ю		СЗ - ЮВ		З - В		СВ - ЮЗ	
				d_1	d_2	d_1	d_2	d_1	d_2	d_1	d_2
I	A	Северный	48,5	2,8	55,0	2,0	31,0	1,8	38,7	1,4	25,7
	Б	Южный	51,5	2,2	37,7	5,6	84,1	3,1	57,3	2,3	34,7
II	I	Северо-западный	10,7	2,9	51,1	1,4	21,6	2,1	45,6	1,5	28,8
	II	Северо-восточный	11,4	2,8	59,5	1,1	17,4	1,3	28,8	2,4	48,1
	III	Центральный	26,4	2,8	54,6	2,7	40,8	2,0	40,2	0,9	14,8
	IV	Западный	9,2	3,1	53,1	4,8	67,3	2,0	29,9	3,0	51,9
	V	Юго-западный	20,8	2,6	43,9	6,0	81,4	4,1	76,0	1,8	28,0
	VI	Южный	16,1	1,4	22,4	6,5	111,4	2,8	50,2	3,0	42,6
	VII	Юго-восточный	5,2	2,1	34,0	2,7	38,8	2,1	52,6	0,6	5,9
III	1	Браславский	4,9	2,0	32,5	1,4	24,8	3,8	86,5	2,0	35,8
	2	Мядельский	2,0	2,4	42,9	2,2	35,1	0,9	15,4	1,2	22,3
	3	Докшицкий	3,8	4,3	79,6	0,8	10,3	0,5	8,9	1,2	23,1
	4	Городокский	3,6	2,6	61,9	1,1	19,0	1,9	37,3	2,9	58,2
	5	Лукомский	4,2	3,0	55,2	1,6	21,1	0,7	17,3	2,0	38,9
	6	Витебский	1,6	1,7	43,2	0,0	0,0	0,4	7,7	4,4	91,7
	7	Оршанский	2,0	3,2	77,0	0,9	20,1	2,3	54,4	1,0	15,9
	8	Минский	5,4	3,5	81,6	3,4	41,7	3,5	67,8	0,7	14,3
	9	Осповичский	8,9	2,6	45,5	3,4	55,4	1,9	31,9	0,6	6,6
	10	Могилевский	12,1	2,8	49,3	1,9	29,6	1,4	34,0	1,2	21,2
	11	Новогрудский	4,0	5,1	89,2	3,6	45,5	1,5	22,9	3,3	48,5
	12	Гродненский	2,3	0,8	21,5	3,1	58,3	0,8	9,6	3,9	71,9
	13	Волковысский	2,9	2,2	27,5	7,8	104,4	3,5	55,1	1,9	41,1
	14	Барановичский	2,3	6,7	111,9	8,4	96,0	1,8	24,1	1,6	26,6
	15	Брестский	8,1	1,6	24,3	9,2	124,6	4,3	67,8	1,2	15,5
	16	Слуцкий	8,1	2,7	52,0	3,2	46,9	4,0	94,3	1,4	20,0
	17	Столинский	2,3	2,0	19,1	2,1	31,6	6,1	92,4	6,0	104,0
	18	Мозырский	14,3	1,3	22,3	7,1	121,0	2,4	41,2	3,0	42,7
	19	Лельчицкий	1,8	2,1	23,8	1,8	32,9	6,5	123,2	3,2	41,5
	20	Рогачевский	2,3	3,5	52,5	2,2	32,5	3,3	93,9	0,6	2,5
	21	Гомельский	2,9	1,0	19,7	3,2	43,7	1,2	20,8	0,6	8,6

южную части (таксоны-структуры (?) 1 порядка). В северной части плотность линеаментов всех направлений ниже, чем в южной. Преобладающим являются на севере линеаменты субмеридионального и широтного простираний, на юге - северо-западно-юго-восточного и широтного. Примерно в этом же положении граница выделяется при расчетах по первому варианту ($n=143$) на десятом шаге укрупнения ареалов, где северная часть делится на три, а южная на четыре ареала II порядка. О различиях между ними можно судить по данным табл. 17. Так, в северо-западном таксоне преобладают линеаменты меридионального и широтного направлений, в северо-восточном - северо-восточно-юго-западного и меридионального, в центральном - северо-западно-юго-восточного, в западном - меридионального, в юго-западном, южном и юго-восточном - северо-западно-юго-восточного и широтного направлений.

Таксоны III порядка были выделены по результатам счета при шаге квадратной сети 20 км (со сглаживанием) по обоим вариантам (при $n=572$ и $n=447$ без пограничных квадратов). Различия между вариантами более существенно в пограничной полосе (табл. 17). Границы таксонов III порядка использованы для корректировки контуров I и II порядков. Полученная схема районирования является иерархической с тремя уровнями таксонов и границ (рис. 35) и принципиально согласуется с тектонической картой Белоруссии. При этом границы I и II порядка в заметной степени контролируются площадями распространения структурных комплексов чехла, границы III порядка отчасти соотносятся также и с крупнейшими тектоническими разломами. В то же время различия между полученной схемой и тектоническим районированием позволяют считать линеаменты достаточно автономным объектом исследования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований была разработана классификация современных рельефообразующих процессов, в соответствии с которой по основному источнику энергии выделяются три класса процессов - экзогенные, эндогенные и техногенные. В классах по ведущему генетическому агенту различаются группы, которые в свою очередь делятся на подгруппы, типы и виды. Охарактеризованы пространственная дифференциация и интенсивность проявления на территории Белоруссии плоскостной эрозии, склоновой аккумуляции, эрозии и аккумуляции линейных водотоков, суффозии и карста, эоловых, гравитационных, биогенных, техногенных процессов. Исследовано своеобразие отражения в земной поверхности особенностей глубинного строения и современных тектонических движений. На базе этого выполнено типологическое и индивидуальное районирование территории республики по комплексу геолого-геоморфологических данных, морфометрическим показателям, эрозионным и современным тектоническим процессам. Впервые при такого вида работах широко использованы математические методы, что повысило объективность в выделении таксонов.

Изучены также основные этапы развития природы Белоруссии в голоцене и на этом фоне рассмотрены особенности проявления рельефообразующих процессов. Построены палеогеографические схемы пребореального, бореального, атлантического и суббореального периодов, на которых отражено развитие растительности, гидросети и показаны климатические характеристики.

Таким образом, выполненные научные исследования завершились получением новых данных по закономерностям современного лито-, морфогенеза и геодинамики, палеогеографии антропогена и голоцена. Для достижения полученных результатов авторы разработали комплексную методику, включающую новые приемы построения морфометрических, палеогеографических, геодинамических карт, схем районирования, оценки оптимальности сельскохозяйственных угодий и др. При выполнении исследований для автоматической обработки собранной информации был составлен ряд оригинальных программ.

Приведенные в книге материалы и выявленные закономерности имеют разнообразное практическое значение. Прежде всего следует отметить возможность использования полученных данных для поисков полезных ископаемых, связанных с антропогеновой толщей. Это обусловлено тем, что к зонам наиболее активных тектонических движений, максимальных величин эрозионного сноса и морфометрических показателей чаще всего приурочены залежи песчано-гравийного материала и отторженцев глин и мела. Новейшие движения сказались также на размещении водно-ледниковых, аллювиальных и озерных песков. Но особенно наглядно характер современных процессов проявился в распространении песчаных залежей эолового генезиса, тяготеющих к зонам разломов и сводам положительных локальных структур. С новейшим структурным планом сопряжено и размещение почти всех генетических типов глин. Максимальные мощности этого вида минерального сырья обычно совпадают с зонами относительных опусканий.

Существенная роль современных движений в формировании полезных ископаемых, связанных с источниками, озерами и болотами. Так, пресноводные известковые отложения в большинстве случаев встречаются в зонах развития линеаментов, которые контролируют положение краевого ледникового рельефа, речных долин, озерных котловин и др. Кроме того, тектонический фактор, влияя на распространение озер, особенно наиболее крупных и карстовых, тем самым способствовал формированию залежей сапропеля.

Один из наиболее широко распространенных голоценовых видов сырья - торф. Его месторождения распространены на всей территории республики. Их размещение тесно коррелируется со структурными особенностями территории. Например, в пределах Припятского прогиба наибольшее заболачивание отмечается на участках синклинальных опусканий (болота в районе Любани, между Ствигой и Убортью и др.) и т.д.

Важную роль играют установленные закономерности современной геодинамики в выделении ряда месторождений, которые залегают глубже антропогенного чехла, но структурные особенности которых отражаются на земной поверхности. В частности, в распределении и параметрах речной сети, других морфометрических показателей выделяются соляные купола (с ними связаны 30 обнаруженных в республике залежей нефти), выступы блоков фундамента (к ним приурочены месторождения строительного камня, каолина и др.). В своеобразии земной поверхности нередко проявляются залежи неогенового бурого угля, которые чаще располагаются в обширных ложбинообразных или котловинообразных понижениях (Кобринская, Антопольская, Дрогичинская группы углепроявлений, Житковичское, Бриневское месторождения и др.), а также на участках развития карста, совпадающих с простиранием крупных линеаментов (по линии Антополь-Береза-Ружаны), и в зонах выщелачивания каменной соли. Для поисков рудных полезных ископаемых представляют интерес сложные узлы сочленения линеаментов и кольцевые структуры.

Помимо геологоразведочных целей результаты описанных выше исследований могут быть использованы для уточнения существующих представлений об особенностях новейших тектонических движений. Так, полученные данные позволили выделить свыше 300 локальных поднятий, доказать, что наиболее активными из структур I порядка на новейшем этапе были Припятский прогиб и Белорусская антеклиза. Установлено, что для выявления участков новейших поднятий и опусканий, кроме традиционных морфометрических показателей и особенностей геологического строения, полезно учитывать данные по интенсивности водной эрозии, так как районы с активным развитием этих процессов более чем в 70% случаев приурочены к воздымающимся площадям.

Некоторые черты современной динамики земной поверхности могут применяться для прогноза строения глубинных зон земной коры. Например, выраженные в рельефе кольцевые структуры, как показала работа /85/, тесно связаны с геологическим строением кристаллического фундамента, что позволяет использовать эти данные для обоснования его районирования и познания закономерностей формирования. Участки проявления современных аллювиальных процессов также коррелируются со структурными особенностями территории и в связи

с этим могут служить одним из критериев выделения разломных зон, локальных и более крупных структур чехла.

Без учета сведений по современной динамике рельефа не мыслится проектирование и возведение разного рода сооружений (промышленное и жилищное строительство, прокладка дорог, каналов, создание водохранилищ и пр.). При выборе площадок под строительные объекты необходимо учитывать пересеченность местности, наличие карстующихся, плавунных и некоторых слабых пород, положение грунтовых и подземных вод, опасность развития оползневых, обвальных, суффозионных, сейсмических и прочих процессов.

Существенна роль установленных закономерностей для обоснования различных видов мелиорированных и гидротехнических работ. Прежде всего можно отметить, что выбор объектов для подобных работ четко предопределен типом рельефа и рельефообразующих процессов. Так, осушению подлежат депрессии с близповерхностным залеганием грунтовых вод, обводнению, наоборот, — относительно приподнятые территории. Сооружение водоемов приурочивается к котловинам и долинам. Прокладка магистральных каналов осуществляется по тальвегам, участкам с повышенной мощностью торфа. При осушительных работах следует учитывать особенности микрорельефа, так как даже небольшие перепады высот (до 1 м) могут сказаться на эффективности проводимых мероприятий.

Изучение региональных особенностей динамики рельефа позволяет объяснить неодинаковый характер формирования берегов и ложа малых водохранилищ, особенностей заполнения котловин осадками и зарастание их, что создает основы для расчета времени эффективного функционирования гидротехнических сооружений и может быть использовано для обоснования комплекса мероприятий, направленных на улучшение их гидродинамического и санитарного состояния. Часто при осуществлении гидротехнических проектов полезно производить палеогеоморфологические реконструкции по отдельным этапам голоцена, особенно по путям сброса вод, прежним озерным котловинам и т.д.

Рассматривая разнообразное значение исследований динамики рельефа, нельзя не остановиться на влиянии полученных данных на сельскохозяйственное производство. О роли рельефа в осуществлении мелиорации уже говорилось. Однако этим далеко не исчерпывается воздействие современных геоморфологических процессов на развитие и специфику сельского хозяйства. Участки со значительным переувлажнением, распространением эловых, эрозионных, суффозионных и техногенных форм, а также поля валунов могут исключать из использования обширные площади или же требуют применения специальных приемов обработки земли и дополнительных затрат для вовлечения их в оборот. В Белоруссии эрозия наносит ущерб, измеряемый миллионами рублей. В связи с этим необходимо определение закономерностей сноса частиц в зависимости от типа рельефа и отложений, чтобы разработать специальные рекомендации по возделыванию культур и внесению удобрений, направленные на снижение отрицательных последствий современных геоморфологических процессов.

Проведенные работы по изучению современной динамики земной поверхности позволили выделить зоны с определенной спецификой земледелия. Так, различаются территории, на которых возможны посевы только многолетних трав и леса (смыв более 20 т/га), зер-

но-травяных культур (10-20 т/га), с ограниченными посевами пропашных (5-10 т/га) и универсального использования (менее 5 т/га). Кроме того, выделяются площади, требующие противодефляционных агротехнических приемов, участки потенциального заболачивания, перепланировки угодий из-за мелкой контурности. Достаточно обосновываются участки, подлежащие осушению, обводнению и рекультивации.

Перечисленные данные уже включены в детальные схемы инженерной защиты территорий Мозырской, Пинской, Копыльской, Несвижской, Клецкой систем населенных мест, а также в "Государственную схему комплексной территориальной организации", проекты районной и областной планировки населенных мест Белоруссии. Однако необходимо иметь в виду, что приведенные оптимальные значения эрозионного сноса для определенного типа сельскохозяйственных угодий являются примерными и требуют уточнения для каждого конкретного района. Для этого рекомендуется использование комплекса морфометрических и геодинамических характеристик, которые должны обрабатываться методами теории классификации. Проблема решается как математическая задача обучения с учителем, в два этапа: обучение и классифицирование. На первом этапе получается количественная характеристика классов путем расчета средних значений выбранных показателей для разных типов угодий, являющихся объектом классифицирования. На втором этапе классифицируются объекты обучающей выборки и осуществляется их переклассификация с помощью фишеровской дискриминантной функции по стандартной программе /95/. Проверка полученных результатов таких работ в конкретных условиях подтверждает возможность их применения для разработки рекомендаций по изменению направления использования отдельных участков обследуемой территории и прогнозу возможных неблагоприятных геологических процессов.

Приводимые в книге геоморфологические данные и схемы районирования важно учитывать и при размещении некоторых других отраслей народного хозяйства. При этом необходимо обращать внимание на системы замкнутого типа - котловины, бессточные бассейны, которые не могут служить объектом хозяйственной деятельности, связанной с повышенными выбросами средних веществ. При строительстве транспортных артерий следует помнить, что подобные работы при определенных особенностях рельефа могут вызывать подпор вод, усиление процессов заболачивания, активизацию оползней. Это особенно важно учитывать при прокладке дорог на заболоченных низинах (как, например, в Полесье) или при крупном строительстве в зонах краевых ледниковых возвышенностей, вдоль высоких берегов рек, у оврагов и балок.

В век научно-технического прогресса все большее распространение получают техногенные процессы. Они исключают из естественного развития значительные территории, ухудшая тем самым состояние окружающей среды. Но, с другой стороны, эти объекты являются необходимыми источниками благосостояния, нормальных условий жизни и коммуникаций. При разумном подходе многие из антропогенных форм, превратившиеся после вмешательства человека в бросовые земли, могут снова приносить пользу людям. Рекультивацией карьеров можно вернуть народному хозяйству республики около 2,5 тыс. га минеральных земель /74/ и десятки тысяч гектаров торфоразрабо-

ток /96/. Вместе с тем несомненно, что в районах с максимальной техногенной нагрузкой (Волковысская, Гродненская, Слонимская, Минская возвышенности, отдельные участки Лидской, Могилевской, Горецкой равнин, окрестности крупных населенных пунктов, существующих промышленных объектов) строительство крупных объектов должно быть ограничено. При учете динамики рельефа повышается эффективность многих природоохранных мероприятий и т.д.

Таким образом, исследование закономерностей проявления современных геоморфологических процессов имеет разностороннее теоретическое, методическое и прикладное значение. И в связи с этим подобные работы целесообразно продолжать. Основное внимание необходимо сосредоточить на решении следующих проблем.

1. Взаимодействие современных природных и техногенных геологических процессов.
2. Устойчивость природной среды Белоруссии к воздействию современных геологических процессов.
3. Эволюция современных геологических процессов в антропогенное время и прогноз их развития.
4. Создание теоретических моделей современных геологических процессов.
5. Разработка рациональных схем использования геологической среды Белоруссии.

Для решения перечисленных проблем необходимо развивать стационарные наблюдения и физическое моделирование, более разнообразно использовать дистанционные материалы разных лет, совершенствовать лабораторную базу, скоординировать исследования современных геологических (геоморфологических, инженерно-геологических) процессов в республике.

ЛИТЕРАТУРА

1. И н с т р у к ц и я по определению расчетных гидрологических характеристик при проектировании противоэрозионных мероприятий на европейской территории СССР. Л., 1979. 62 с.
2. С а ч о к Г.И., Ц у р к о в а Т.Ф. Математико-картографическое моделирование природных условий Белоруссии. Мн., 1984. 252 с.
3. С а ч о к Г.И., Ш и ш о н о к Н.А. Морфометрическая модель рельефа Белоруссии. Мн., 1988. 256 с. Деп. в ВИНТИ 9.02.88, N 1098-В 88.
4. Б р ы л е в В.А. О количественных критериях антропогенной эволюции рельефа // Р ь л ь е ф и хозяйственная деятельность. М., 1982. С. 104-112.
5. N a v r l a n t M., B g u l e v V.A. Prispetek k zrovnacaci analyze antropogenni oblasti // Sb. pr. Per. Fak. Ostrave, 1984. E-14, N 89. S. 49-64.
6. Z a p l e t a l L. Die gegenwartige Entwicklung der Geomorphologie der antropogenen Oberflachenformen in der Tschechoslowakei // Sb. Sc. geogr. spolec. 1984. Bd. 89, N 2. S. 91-101.
7. Б е л о р у с с к а я С С Р. Краткая энциклопедия. Мн., 1979. Т.2. 768 с.
8. Б е л о р у с с к а я С С Р: Административно-территориальное деление. Мн., 1981. 246 с.
9. Г о с у д а р с т в е н н ы й водный кадастр. Основные гидрологические характеристики (за 1971-1975 гг. и весь период наблюдений). Т.5. Белоруссия и Верхнее Приднепровье. Л., 1978. 504 с.
10. Т е к т о н и к а Белоруссии / Под ред. Р.Г.Гарейского. Мн., 1976. 198 с.
11. Н е ч и п о р е н к о Л.А. Условия залегания и тектоническая предопределенность антропогенного покрова Белоруссии: Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. Мн., 1985. 22 с.
12. К л и м а н о в В.А. Связь субфосильных спорово-пыльцевых спектров с современными климатическими условиями // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1981. N 5. С. 101-114.
13. Б о г д е л ь И.И. Формирование растительного покрова Белоруссии в голоцене // Материалы геологического изучения территории Белоруссии. Мн., 1981. С. 144-148.
14. Е л о в и ч е в а Я.К. Изменение растительности Белорусского Полесья в голоцене // Вопросы геологии, геохимии и геофизики земной коры Белоруссии. Мн., 1975. С. 105-113.
15. В о р о н и н Ю.А. Теория классифицирования и ее приложения. Новосибирск, 1985. 232 с.
16. Т р о ф и м о в А.М., З а б о т и н Я.И., П а н а с ю к М.В., Р у б ц о в В.А. Количественные методы районирования и классификации. Казань, 1965. 119 с.
17. Е л и с е е в а И.И., Р у к а в и ш н и к о в В.О. Логика прикладного статистического анализа. М., 1982. 192 с.
18. М а ц в е е ў А.В., С а ч о к Р.І. Матэматычная апрацоўка глебава-картаграфічнага матэрыялу // Весці АН БССР. Сер. с.-г. навук. 1986. N 1. С. 27-31.
19. М а т в е е в А.В., С а ч о к Г.И., Л е б е д е в Н.Г., Н е ч и п о р е н к о Л.А. Изучение современных геологических (рельефообразующих) процессов для целей рационального размещения сельскохозяйственного производства (на примере Белоруссии). Мн., 1986. 8 с.
20. Ж и л к о В.В. Эродированные почвы Белоруссии. Мн., 1976. 168 с.
21. Ж и л к о В.В. Водная и ветровая эрозия. Мн., 1986. 55 с.
22. К о х Н.Я., Ж и л к о В.В., Т и щ у к П.А. Противоэрозионная

роль сельскохозяйственных культур//Почвозащитное земледелие в западном регионе. Дукштас, 1984. С. 20-21.

23. Рудова Г.П. Направление рельефобразующих процессов в условиях интенсивного сельскохозяйственного освоения земель (на примере Новогрудской возвышенности // Вестн. БГУ. 1981. Сер. 2. N 3. С. 43-47.

24. Якушко О.Ф., Рудова Г.П. Направленность и динамики геоморфологических процессов (на примере типичной моренной возвышенности)//Проблемы структурно-климатического подхода к познанию рельефа. Новосибирск, 1982. С. 95-102.

25. Ковхута М.Т. Эрозия почв в Могилевском районе //Эрозия почв и борьба с ней. Мн., 1968. 183 с.

26. Ярошевич Л.М. Водная эрозия и свойства эродированных дерново-подзолистых почв, развивающихся на моренных отложениях Белорусского Поозеоя(на примере Лепельского и Ушачского районов):Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Мн., 1969. 28 с.

27. Ярошевич Л.М., Жилко В.В. Современные эрозионные процессы на территории Белоруссии // Проблемы изучения экзогенных геологических процессов. Мн., 1980. С.64-69.

28. Кирвель И.И. Интенсивность заиления прудов Белоруссии// Тез. докл. всесоюз. науч. конф. "Проблемы рационального использования водных ресурсов малых рек". Казань, 1981. С.283-284.

29. Кирвель И.И. Заиление прудов Белоруссии //Вестн. БГУ. 1982. Сер.2. N 1. С. 57-59.

30. Широков В.М., Кирвель И.И. Пруды Белоруссии. Мн., 1987. 120 с.

31. Беляускас П.М., Семкявичене В.В., Валинскас С.С. Рациональное землепользование сельскохозяйственных угодий и минимальная обработка - основа почвозащитной системы земледелия на холмистом рельефе Литовской ССР // Тез. докл. "Почвозащитное земледелие в Западном регионе". Дукштас, 1984. С. ...

32. Кайрюкштите Л.А. Об оптимизации окружающей среды Литовской ССР посредством моделирования территории. Вильнюс; Каунас, 1982. 173 с.

33. Болдюх О.И., Канааш А.П., Ким М.Г., Кравчук Я.С. Стационарное изучение плоскостного смыва в Предкарпатье. Львов, 1976. 114 с.

34. Заславский М.Н. Эрозиоведение. М., 1983. 320 с.

35. Gil E. Splukiwanie gleby na stokach fliszowych w rejonie Szymbarku. Wroclaw, 1976. 65 s.

36. Махнач Н.А., Камышенко Г.А. Распространение и размеры склоновых шлейфов Белоруссии // Докл. АН БССР. 1988. Т.2, N 5. С.437-440.

37. Болдышев В.С., Жилко В.В. Основные закономерности развития линейной эрозии на территории Новогрудской возвышенности и Оршано-Могилевского плато // Почвоведение и агрохимия. Мн., 1975. Вып. 12. С.30-37.

38. Якушко О.Ф. Эрозионные и делювиальные процессы в лесовых районах БССР//Уч. зап. БГУ. Сер. геол.-геогр. 1954. Вып.21. С. 71-86.

39. Мотуз В.М. Линейная (овражная) эрозия лесовых почвогрунтов Белоруссии//Эрозия почв и борьба с ней. Мн., 1968. С. 88-96.

40. Вознячук Л.Н., Вальчик М.А. Морфология, строение и история развития долины Немана в неоплейстоцене. Мн., 1978. 212 с.

41. Горецкий Г.И. Аллювиальная летопись великого Пра-Днепра. М., 1970. 491 с.

42. Г о р е ц к и й Г.И. Особенности палеопотамологии ледниковых областей. Мн., 1980. 288 с.
43. Л е в к о в Э.А., М а т в е е в А.В., М а х н а ч Н.А. и др. Геология антропогена Белоруссии. Мн., 1973. 152 с.
44. М а т в е е в А.В., М о и с е е н к о В.Ф., И л ь к е в и ч Г.И. и др. Рельеф Белорусского Полесья. Мн., 1982. 131 с.
45. Б у л а в к о А.Г. Реки // Белорусская ССР: Краткая энциклопедия. Мн., 1979. Т.2. С. 571-573.
46. Л е в к е в и ч В.Е., С а м о н ч и к Н.Ф. Фоновый прогноз переработки берегов водохранилищ Дубровское и Раубичи на р.Усях //Мелиорация и водное хозяйство. Мн., 1986. N 4. С. 19-23.
47. П а в л о в с к и й А.И. Морфометрические особенности оврагов на территории Белоруссии//Современные рельефообразующие процессы. Мн., 1986. С.36-43.
48. Я к у ш к а В.П., Н а в у м е н к а Л.Б. Праяўленне карставых працесаў і іх палеагеаграфічная абумоўленасць у Беларускай Палессі //Новае ў геалогіі антрапагену Беларусі. Мн., 1979. С. 125-130.
49. Н а у м е н к о Л.Б. Современное состояние озерных водоемов и их роль в формировании природных комплексов районов полесского типа (на примере Брестского и Волынского полесий): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Мн., 1980. 25 с.
50. К u l s z u Ź k i S. Stratigrafia torfowisk Polesia: Prace Biura melioracji Polesia. Lwow, 1930. Т.1. з.2. 84 с.
51. Пидопличко А.П. Торфяные месторождения Белоруссии. Мн., 1961. 192 с.
52. Л и ш т в а н и й И.И. Торф//Белорусская ССР: Краткая энциклопедия. Мн., 1979. Т.2. С.676-677.
53. Т а н о в и ц к и й И.Г., О б у х о в с к и й Ю.М., Г р и н к е в и ч Л.С., З а к а б л у к о в а И.А. Антропогенные изменения рельефа озерно-аллювиальных равнин Белорусского Полесья //Морфогенез на территории Белоруссии. Мн., 1983. С.95-102.
54. П ь я в ч е н к о И.И. Пути образования глядово-мочажинного микрорельефа на болотах //Экология. 1985. N 2. С. 77-80.
55. Я к у ш к о О.Ф. Озероведение. География озер Белоруссии. Мн., 1981. 223 с.
56. С і д а р о в і ч С. На бабравінах //Родная прырода. 1985. N 6. С. 8-9.
57. E g g i n t o n P.A. Moles as agents of erosion in the Ottawa area, Ontario//Pap. Surv. Can. 1985. Pt.4, N 85-1. P. 731-733.
58. О н у ж д а х сельскохозяйственной промышленности. Тр. местных ком. Т. 21. Минская губерния. СПб, 1903. 436 с.
59. Ж и л к о В.В., Я р о ш е в и ч Л.М. Ветровая эрозия почв и борьба с ней //Проблемы Полесья. Мн., 1974. Вып.3. С.94-110.
60. С п р а в о ч н и к по климату СССР. Вып.7. Белорусская ССР. Ч.3. Ветер. Л., 1966. 156 с.
61. З в о н к о в В.В. Водная и ветровая эрозия Земли. М., 1962. 176 с.
62. А н д р и а н о в С.Н. Дефляция торфа и супесей на осушенных болотах Белоруссии // Науч. тр. Обнинского отд. ГО СССР. 1968. Сб.1, ч.2. С. 3-14.
63. Д о л г и л е в и ч М.И. Построение классификации почв, подверженных ветровой эрозии//Оценка и картирование эрозийноопасных и дефляционноопасных земель. М., 1973. С. 269-271.
64. Ш к л я р А.Х. Климатические ресурсы Белоруссии и использование их в сельском хозяйстве. Мн., 1973. 430 с.
65. К у л а к о в с к а я Т.Н., С м е я н Н.И., С о л о в е й И.Н.

- и др. Земельный фонд //Проблемы Полесья. Мн., 1972. Вып.1. С.209-228.
66. Жыляко У.В., Ярашэвіч Л.М. Карта "Эрадіраванасць водных зямель" //Энцыклапедыя прыроды Беларусі. Мн., 1986. Т.5.
67. Почвенная карта Белорусской ССР. М 1:600000. М., 1977.
68. Горшков С.П. Земельные ресурсы мира: антропогенные воздействия. М., 1987. 48 с. (Новое в жизни, науке и технике. Сер. Науки о Земле. N 1).
69. Будай И.В. Основные направления воздействия человека на рельеф Земли//Современные рельефообразующие процессы. Мн., 1986. С.83-89.
70. Кадацкий В.В., Лукашев К.И. Некоторые вопросы техногенного морфогенеза //Геологическое изучение территории Белоруссии. Мн., 1979. С. 160-163.
71. Колпашников Г.А. Классификация техногенного рельефа Белоруссии как основа планирования мероприятий по рациональному использованию и охране геологической среды //Проблемы инженерной географии: Тез. докл. М., 1987. С.79-80.
72. Лопух П.С. Формирование берегов и ложа водохранилищ (на примере Белорусской ССР): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Мн., 1983. 23 с.
73. Матвеев А.В., Левков Э.А. Техногенный рельеф Белоруссии//Современные рельефообразующие процессы. Мн., 1986. С. 90-95.
74. Прокopenя В.А. Географическое обоснование рекультивации нарушенных земель Белоруссии: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Л., 1982. 22 с.
75. Эрозийные процессы / Под ред. Н.И.Маккавеева и Р.С.Чалова. М., 1984. 256 с.
76. Нечипоренко Л.А. О зависимости мощностей антропогенных отложений от тектонических особенностей территории Белоруссии//Матер. УП науч. конф. молодых геологов Белоруссии. Мн., 1978. С. 86-88.
77. Нечипоренко Л.А., Матвеев А.В., Сачок Г.И. Количественная оценка влияния коренных пород на характер антропогенного осадконакопления на территории Белоруссии//Географические аспекты рационального природопользования. Мн., 1985. С. 40-47.
78. Гридин В.И. К вопросу о влиянии локальных изменений физических полей Земли на характер и интенсивность рельефообразующих процессов (на примере БССР)//Современные экзогенные процессы. Киев, 1988. С. 178-179.
79. Гридин В.И. Новейшая тектоника и ее связь с глубинным строением Припятского прогиба//Проблемы тектоники Припятского прогиба. Мн., 1974. С. 159-163.
80. Матвеев А.В. Ледниковая формация антропогена Белоруссии. Мн., 1976. 160 с.
81. Левков Э.А., Горелик Э.А. Связь современного рельефа и неотектонических движений с глубинными структурами территории Белоруссии//Проблемы унаследованности тектонических структур в Прибалтике и Белоруссии. Таллинн, 1979. С. 75-82.
82. Матвеев А.В., Нечипоренко Л.А. Проявление новейших тектонических движений в строении антропогенного покрова Белоруссии//Докл. АН БССР. 1986. Т.30, N 7. С. 645-647.
83. Космическая информация в геологии. М., 1983. 536 с.
84. Павловец Р.Р. Анализ линейной сети территории Белоруссии//Докл. АН БССР. 1987. Т. 31, N 9. С. 837-840.
85. Ажгиревич Л.С., Доминиковская Д.А., Матвеев А.В., Вольская Л.С. Связь кольцевых структур с особенностями геологического строения кристаллического фундамента Бе-

- лоруссии// Докл.АН БССР. 1988. Т. 32, N 1. С. 56-59.
86. Э б е р х а р д Г.Я. Строение и развитие долин бассейна реки Даугава. Рига, 1978. 130 с.
87. М а т в е е в А.В., А б р а м е н к о Н.Н., Л е в к о в Э.А., К о с т к о А.А. Неотектоника территории Припятского прогиба. Мн., 1980. 106 с.
88. С и д о р о в В.А., Ф и л ь к и н В.А. Современные движения земной коры. Новосибирск, 1978. С. 162-168.
89. Я к у ш к о О.Ф. Белорусское Поозерье. История развития и современное состояние озер Северной Белоруссии. Мн., 1971. 336 с.
90. И с а е н к о В.Ф. Неолит Припятского Полесья. Мн., 1976. 128 с.
91. Д о л у х а н о в П.М. Ритмы голоцена //Проблемы периодизации голоцена. Л., 1971. С. 99-104.
92. Е л и н а Г.А. Принципы и методы реконструкции и картирования растительности голоцена. Л., 1981. 159 с.
93. К и н д Н.В. Геохронология позднего антропогена по изотопным данным. М., 1974. 255 с.
94. К о т и н с к и й Н.А. Голоцен Северной Евразии. М., 1977. 200 с.
95. М а т е м а т и ч е с к о е о б е с п е ч е н и е Е С Э В М. Мн., 1978. Вып.16. 193 с.
96. К а з л о ў В. Захаваем, памножым //Родная природа. 1983. N 5. С. 1-2.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
Глава 1. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ	5
Глава 2. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ РЕЛЬЕФООБРАЗУЮЩИХ ПРОЦЕССОВ	10
Экзогенные процессы	10
Техногенные процессы	45
Эндогенные процессы	50
Глава 3. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ПРИРОДЫ И РЕЛЬЕФООБРАЗУЮЩИХ ПРО- ЦЕССОВ В ГОЛОЦЕНЕ	65
Пребореальное время	65
Бореальное время	68
Атлантическое время	68
Суббореальное время	70
Субатлантическое время	73
Глава 4. РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ БЕЛОРУССИИ ПО ОСОБЕННОСТЯМ ПРОЯВ- ЛЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ РЕЛЬЕФООБРАЗУЮЩИХ ПРОЦЕССОВ	74
Проблема геолого-геоморфологического зонирования	74
Задачи территориальной типологии геолого-геоморфологических условий	77
Задачи регионального (индивидуального) районирования по геолого-геоморфологическим данным	84
Районирование территории Белоруссии по распространению лине- аментов	88
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	92
ЛИТЕРАТУРА	97

Научное издание

Матвеев Алексей Васильевич, Нечипоренко Лилия Афанасьевна, Павловский Александр
Илларионович и др.

СОВРЕМЕННАЯ ДИНАМИКА РЕЛЬЕФА БЕЛОРУССИИ

Заведующая редакцией Л.Ю.Бельзашка
Редактор О.М.Маршак
Обложка художника А.А.Шуплецова
Технический редактор Г.А.Кузьмиченко
Корректор Л.С.Егоренкова

ИБ № 4033

Печатается по постановлению РИСО АН БССР

Подписано в печать 14.10.91. Формат 70x108/16. Бум. офсетная. Офсетная печать.
Усл.печ.л.8,925. Уч.-изд.л. 8,62. Усл.кр.-отт. 9,46. Зак.93. Тираж 310 экз.
Цена 1 р. 30к.

Издательство "Навука і тэхніка" Академии наук БССР и Государственного комитета
БССР по печати. 220600. Минск, ул.Жодинская, 18.

Ротапринт Института геохимии и геофизики АН БССР. 220600. Минск, ул.Жодинская, 7