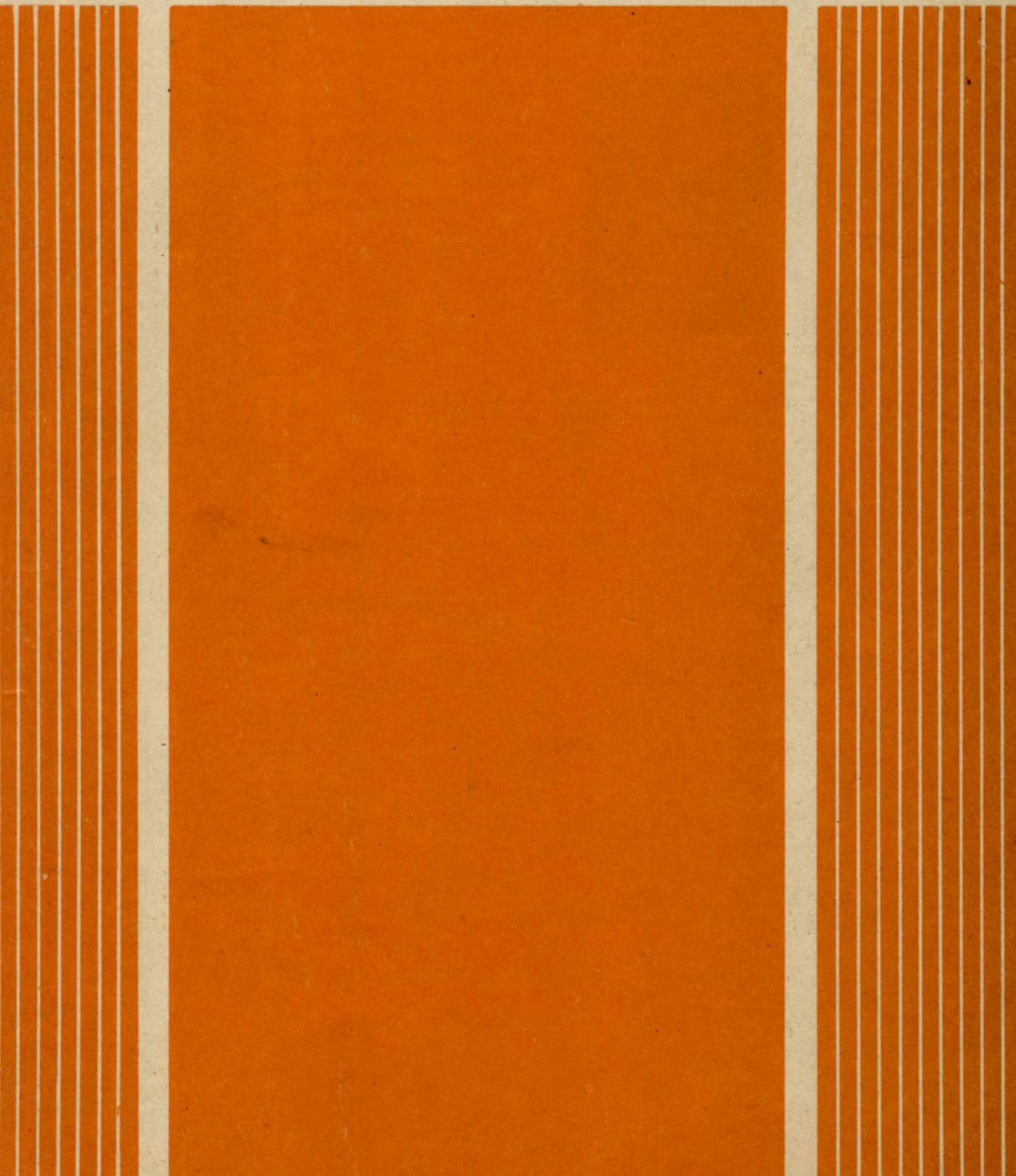


А. В. Садов, А. Л. Ревзон, Ф. Н. Чалидзе

**ИЗУЧЕНИЕ ЭКЗОГЕННЫХ
ПРОЦЕССОВ
В РАЙОНАХ КРУПНЫХ
ВОДОХРАНИЛИЩ
АЭРОЛАНДШАФТНЫМ
МЕТОДОМ**



МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГИДРОГЕОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРНОЙ ГЕОЛОГИИ

А. В. Садов, А. Л. Ревзон, Ф. Н. Чалидзе

ИЗУЧЕНИЕ ЭКЗОГЕННЫХ
ПРОЦЕССОВ
В РАЙОНАХ КРУПНЫХ
ВОДОХРАНИЛИЩ
АЭРОЛАНДШАФТНЫМ
МЕТОДОМ



МОСКВА «НЕДРА» 1976

Садов А. В., Ревзон А. Л., Чалидзе Ф. Н. Изучение экзогенных процессов в районах крупных водохранилищ аэроландшафтным методом. М., «Недра», 1976, 48 с. (М-во геологии СССР, Всесоюз. научн.-исслед. ин-т гидрогеологии и инж. геологии).

В книге рассмотрены теоретико-методические основы аэроландшафтно-го изучения экзогенных процессов. Показаны особенности дешифрирования карста, оползней, оседания склонов, эрозионных явлений, развитых в районе Братского водохранилища на разномасштабных материалах аэрофото-съемки. Приведены их дешифровочные признаки. Составлены ландшафт-но-генетические ряды экзогенных процессов. Определены возможности использования форм проявления экзогенных процессов для индикации общей геоморфологической обстановки, геолого-литологических особенностей гор-ных пород, тектонических нарушений и гидрогеологических условий. Де-тально рассмотрены принципы составления специальных карт развития экзогенных процессов разных масштабов. Использование материалов аэро-фотосъемки при составлении карт позволило количественно оценить интен-сивность и активность проявления экзогенных процессов и устойчивость тер-риторий от их воздействия.

Работа предназначена для инженеров-геологов, гидрогеологов, геомор-фологов, географов, занимающихся изучением экзогенных процессов в зо-нах влияния водохранилищ.

Табл. 6, ил. 6, прил. 5 (на 8 листах), список лит. — 45 назв.

© Всесоюзный научно-исследователь-ский институт гидрогеологии и инже-нерной геологии (ВСЕГИНГЕО), 1976

С 20804—600
043(01)—76

*Алексей Васильевич Садов,
Андрей Львович Ревзон,
Франческа Николаевна Чалидзе*

**Изучение экзогенных процессов в районах
крупных водохранилищ аэроландшафтным
методом**

Редактор издательства Л. М. Старикова
Обложка художника А. Е. Чучканова
Художественный редактор В. В. Евдокимов
Техн. редакторы Н. В. Жидкова, Б. А. Илясова
Корректор Е. С. Глуховская

Сдано в набор 18/II 1976 г.	Подписано в печать 1/XI 1976 г.	Т-18576
Формат 70×108 ¹ / ₁₆	Бумага № 2+мел. бум.	Усл. п. л. 7,0
Уч.-изд. л. 5,96	Тираж 1000 экз.	Цена 46 к.
	Заказ № 174/11911—14	

Издательство «Недра», 103633, Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19
Ленинградская картфабрика объединения «Аэрогеология»

ВВЕДЕНИЕ

Опыт гидротехнического строительства на круп-нейших реках европейской части СССР и Сибири показывает, что при создании ГЭС и водохранилищ происходит сильное оживление экзогенных процес-сов с опасными для народного хозяйства послед-ствиями.

Резкое изменение в долинах рек исторически сложившихся природных условий и действие но-вых факторов переработки берегов вызывает уже в первые годы эксплуатации сооружений активи-зацию старых и появление новых экзогенных про-цессов в масштабах, часто не предусмотренных прогнозами.

Составленные в период проектирования и на-полнения водохранилищ инженерно-геологические карты и другие геологические материалы быстро устаревают и не отражают действительной карти-ны состояния экзогенных процессов и их дина-мики.

Эффективным методом изучения изменившихся инженерно-геологических условий, в том числе условий формирования берегов водохранилищ и процессов их переработки является аэроланд-шафтная индикация. Первым опытом такого рода исследований были работы на Волжском водохра-нилище [18]. За последующий период подобные ис-следования были проведены на других водохрани-лищах, в ходе этих работ был разработан ряд но-вых методических приемов изучения экзогенных процессов аэроландшафтным методом. Описанию этих новых методических приемов и посвящена настоящая работа. Они базируются на рациональ-ном сочетании воздушных (аэрофотосъемка, де-шифрирование и аэровизуальные наблюдения) и наземных (ландшафтно-индикационные, геофизи-ческие, горно-буровые и геодезические работы) методов.

Эта методика была применена при изучении экзогенных процессов в зоне влияния Братского водохранилища с целью изучения их современ-ного состояния и динамики развития. Работы вы-

полнялись в период 1970—1972 гг. лабораторией аэрометодов Всесоюзного научно-исследовательского института гидрогеологии и инженерной геологии (ВСЕГИНГЕО) для Гидропроекта — Всесоюзного проектно-изыскательского и научно-исследовательского института им. С. Я. Жука. Исследования проводились в полосе береговой зоны шириной 3—7 км от пос. Бархатово до пос. Усть-Уда, имеющей общую протяженность более 250 км и охватывающей площадь 3050 км².

Научное руководство исследованиями осуществлял канд. геол.-минер. наук А. В. Садов.

В подготовке работы к печати принимали участие Ю. М. Жильцов, Л. В. Усоева, И. В. Грачева, которым авторы приносят искреннюю благодарность. Особую признательность авторы выражают сотрудникам Гидропроекта А. Г. Лыкошину и Н. Б. Виткиной за ценные советы и замечания, высказанные в процессе проведения исследований.

Возникшие у читателя замечания и рекомендации просим направлять по адресу: Московская область, Ногинский район, пос. Зеленый, ВСЕГИНГЕО.

ГЛАВА 1

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗУЧЕНИЯ ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ АЭРОЛАНДШАФТНЫМ МЕТОДОМ

Общие понятия об аэроландшафтном методе. Аэроландшафтный метод изучения экзогенных процессов возник на границе различных отраслей геологии, географии и геодезии (инженерной геологии, гидрогеологии, геоморфологии, ландшафтоведения, картографии, аэрофотосъемки и топографии). Аэроландшафтным он назван потому, что для изучения скрытых от непосредственного наблюдения (деципиентных) компонентов природной обстановки и выявления экзогенных процессов используются их корреляционные связи с легко наблюдаемыми физиономическими компонентами — рельефом, гидрографией, почвенным и растительным покровом и морфоструктурой природно-территориальных комплексов в целом, и в качестве средств изучения применяются главным образом аэрофотосъемка и аэровизуальные наблюдения.

Изучение экзогенных процессов с позиций ландшафтоведения позволяет подойти к их познанию шире, чем это делается геоморфологами, рассматривающими эти процессы как факторы формирования рельефа, и инженерами-геологами, изучающими их только с прикладной точки зрения. Использование в качестве средства изучения современных аэрофотографических изображений позволяет получать объективную и оперативную информацию об экзогенных процессах с различной степенью детализации и генерализации от узлокальной до региональной и даже глобальной. Это позволяет охватить исследованиями все условия возникновения и развития экзогенных процессов в их взаимосвязи, что создает широкую и прочную базу для их индикационного дешифрирования по материалам аэрофотосъемки.

Положение экзогенных процессов в ландшафтной системе. В основе аэроландшафтной индикации экзогенных процессов лежат представления, рассматривающие их как результат взаимодействия природных компонентов, образующих сложную исторически развивающуюся динамическую систему. Эта система находится в подвижном равновесии. Возникающие при этом процессы проявляются в изменении внешнего облика ландшафта, что создает возможности их индикации по его физиономическим компонентам, получающим непосредственное изображение на материалах аэрофотосъемки.

Характер и направление изучаемых процессов могут быть определены через структуру ландшафтной системы, понимаемой как совокупность устойчивых отношений и связей между ее компонентами, образующими природно-территориальный комплекс. В число этих компонентов входят: рельеф, почвенно-растительный покров, горные породы, поверхностные и подземные воды, климат, тектоническая и сейсмическая деятельность и инженерно-хозяйственная деятельность человека. Роль и значение их в возникновении и развитии экзогенных процессов не одинаковы. Поэтому в пределах любого природно-территориального комплекса целесообразно выделять две сферы: сферу протекания процессов и сферу воздействий (рис. 1).

Сферой протекания процессов является та материальная среда, в которой развивается процесс как таковой. В нее входят мате-

ринские почвообразующие породы, рельеф, почвенно-растительный покров и циркулирующие в них подземные воды. С нашей точки зрения, сферу протекания процессов необходимо рассматривать как ярусную систему, в которой выделяется по крайней мере три яруса: эктоярус, включающий в себя рельеф, почвенно-растительный покров; мезоярус,

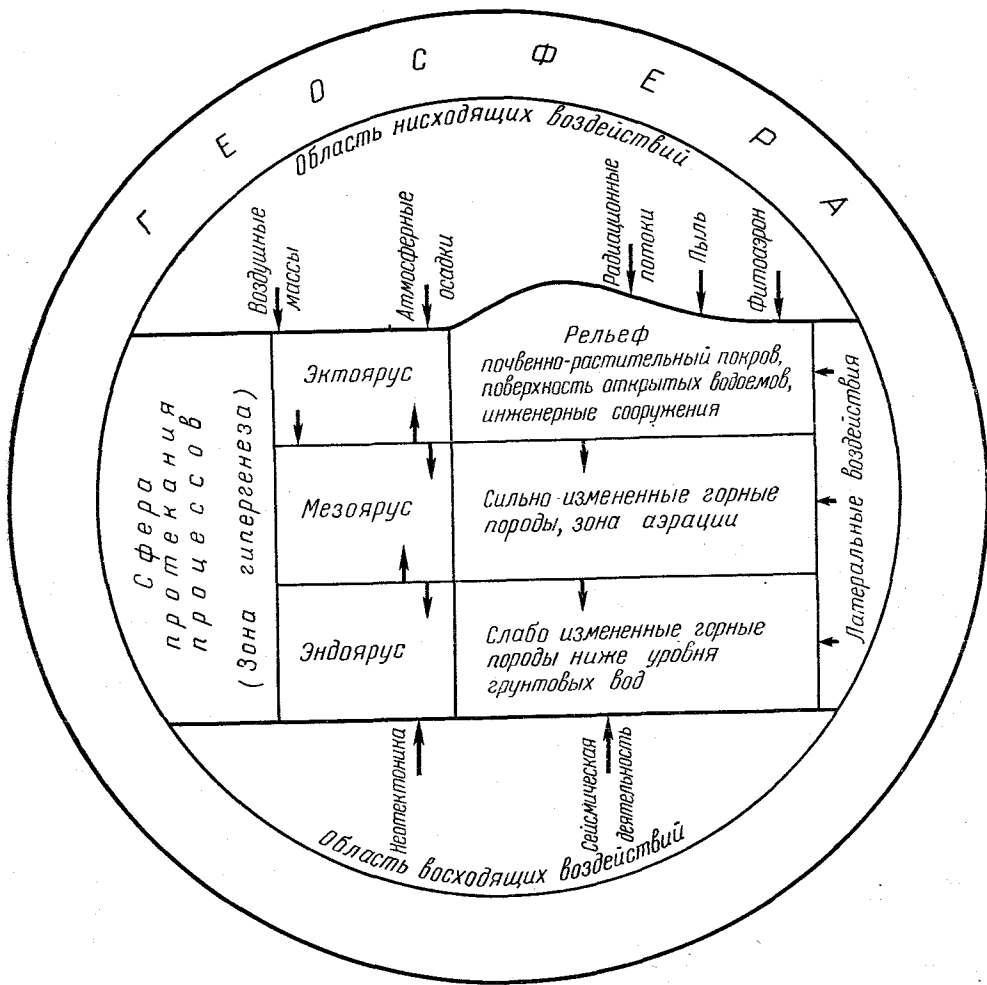


Рис. 1. Схема взаимодействия компонентов ландшафта, обуславливающих возникновение и развитие экзогенных процессов

включающий кору выветривания с сильно измененными горными породами в пределах зоны аэрации, и эндоярус, отвечающий слабо измененным выветриванием породам, находящимся ниже уровня залегания грунтовых вод. Соотношение между ярусами в природно-территориальных комплексах изменяется в зависимости от локальных, региональных и зонально-климатических условий.

Развитие экзогенных процессов тесно связано с рассматриваемыми ярусами; следует различать моноярусные процессы (захватывающие какой-либо один ярус и протекающие преимущественно в нем); диярусные (захватывающие два соседних яруса) и полиярусные (захватывающие всю ярусную систему сферы протекания). Примером первой группы процессов может служить дефляция, развитие которой совер-

шается преимущественно в эктоярусе. Группа диярусных процессов обширна и к ней относится большинство процессов, связанных с выветриванием и почвообразованием. Они захватывают преимущественно экто- и мезоярус. Достаточно многочисленны и полиярусные процессы; к ним относятся карстовые процессы, глубокие оползни и др. Это деление экзогенных процессов имеет большое практическое значение, так как определяет диапазон преобразований природной среды, раскрывает зависимость моноярусных процессов преимущественно от зональных, а полиярусных главным образом от региональных факторов. По существу это деление является делением процессов по глубинности: моноярусные процессы совершаются обычно на глубинах, не превышающих 1—2 м, диярусные проникают до глубин 10—20 и даже 30—40 м; полиярусные захватывают толщи пород до глубин 200 м и более.

Сфера воздействия охватывает, с одной стороны, атмосферу и гидросферу, с другой стороны, глубинные части земли. В связи с этим она может быть разделена на область нисходящих и область восходящих воздействий. К первой относится все то, что находится над эктоярусом сферы протекания процессов — воздушные массы, атмосферные осадки, различные радиационные потоки, пыль, фитосферон и др., ко второй — толщи пород, лежащие за пределами поверхностных физико-географических воздействий и являющиеся передатчиками глубинных геологических процессов. Кроме того, различают *нисходящие*, *восходящие* и *сложные воздействия*. Первые распространяются от эктояруса вглубь, вторые в противоположном направлении. К сложным относятся такие процессы, в которых наблюдаются как восходящие, так и нисходящие воздействия. Нисходящие процессы чаще всего оказываются моноярусными или диярусными, а восходящие обычно имеют полиярусный характер; они возникают в более глубоких горизонтах земной коры и в той или иной мере преобразуют все вышележащие породы. Нисходящие процессы наиболее доступны для дешифрирования по проявлениям их в морфологии ландшафта. Индикация восходящих процессов значительно труднее, так как непосредственно по аэрофотоизображению распознать можно не возникновение процесса, а лишь более позднюю стадию его развития.

Помимо вертикальных, нисходящих и восходящих воздействий существуют *латеральные* воздействия между природно-территориальными комплексами, граничащими друг с другом. Изучению латеральных воздействий должно быть уделено серьезное внимание, поскольку на границах комплексов наиболее активно проявляются экзогенные процессы, связанные с обменом веществ и энергии между соседствующими ландшафтами.

Дешифровочные признаки, ландшафтные индикаторы и дешифровочные факторы. Обычно в ходе работ по дешифрированию употребляются понятия прямых, косвенных и комплексных дешифровочных признаков, прямых, косвенных, частных и комплексных индикаторов и т. д. Разные авторы употребляли эти понятия в разных смыслах. Так, С. П. Альтер, Б. В. Виноградов, Б. Л. Высоцкий, Л. Е. Смирнов и Ю. С. Толчельников понимали под косвенными дешифровочными признаками отображения на аэроснимках отдельных внешних компонентов ландшафта (рельеф, растительность, гидросеть), коррелятивно связанных с дефициентными (литологический состав отложений, глубина залегания и химизм подземных вод и т. д.) [1, 2, 9, 11, 37, 39]. П. Я. Райзер [31] придавал понятию косвенных признаков лишь характер определенной логической категории, фактически не анализируя конкретные физико-географические связи, лежащие в ее основе. С. В. Викторов и Е. А. Востокова не разделяют понятия прямых и косвенных индикаторов и прямых и косвенных дешифровочных признаков. Еще большая неопределенность существует в понимании комплексных признаков, ко-

торые С. П. Альтер рассматривает как одну из разновидностей косвенных, а Д. М. Кудрицкий, И. В. Попов и Е. А. Романова [20] как группу, промежуточную между прямыми и косвенными признаками. Все это происходит от смешения двух принципиально различных категорий при толковании этих терминов. Первая категория — дешифровочные признаки — характеризует особенности аэрофотоизображения, а вторая — индикаторы характеризует реально существующие в природе связи между деципиентными и физиономическими компонентами ландшафта [23, 24].

Распознавание экзогенных процессов осуществляется с помощью диагностического аппарата, составленного на основе информации, получаемой дешифровщиком в процессе изучения литературы и из ранее накопленного опыта, и опирается на использование дешифровочных признаков, ландшафтных индикаторов и дешифровочных факторов.

Под дешифровочными признаками понимаются особенности аэрофотоизображения физиономических черт ландшафта. Дешифровочные признаки условно могут быть подразделены на ситуационные и стереографические.

Ситуационные признаки формируют плановую модель ландшафта. К ним относятся:

- тон, яркий контраст (для черно-белых аэроснимков) и цвет, его светлота и насыщенность (для цветных аэроснимков);
- форма объектов (общий контур, заполняющие детали);
- размеры объектов (линейные, площадные);
- тени объектов (собственные и падающие);
- структура аэрофотоизображения, связанная с пространственным расположением элементарных природных комплексов, рисунком гидрографической сети, размещением элементов культурного ландшафта и т. д.

Стереографические признаки формируют рельефную модель ландшафта и включают форму объектов в трехмерном измерении и морфометрические показатели рельефа.

Правомерность такого деления определяется двумя способами дешифрирования — визуального и стереоскопического. Если в первом способе используются только ситуационные признаки, то во втором — те и другие вместе.

Под ландшафтными индикаторами понимаются отдельные компоненты ландшафта или природно-территориальные комплексы, коррелятивно связанные с характером или особенностями проявления экзогенных процессов и используемые для определения последних. Индикаторы подразделяются на две крупные группы: частные и комплексные.

Частные индикаторы представляют собой отдельные физиономические компоненты ландшафта или их особенности. Среди них выделяются геоморфологические, геологические, гидрографические, геоботанические, почвенные, зоогенные, антропогенные.

К геоморфологическим индикаторам относятся различные формы современного рельефа и его морфографические и морфометрические характеристики, которые являются следствием сложных процессов, происходящих в литогенной основе ландшафта в результате взаимодействия экзогенных и эндогенных сил. Последнее обстоятельство позволяет, анализируя морфологию современного рельефа, косвенно судить об истории и генезисе его развития и ведущих рельефообразующих процессах. Современная динамика рельефа отражается в его формах и отдельных деталях строения. Учитывая то обстоятельство, что можно наблюдать различные стадии развития форм рельефа, прослеживая их в соответствующей последовательности, можно судить о направленности процесса и представить себе эволюционный цикл его

развития, а по количеству и размерам форм на единицу площади установить интенсивность развития процессов.

Геологические индикаторы исследователями раньше не выделялись, так как считалось, что геологическое строение и литология пород всегда воспринимаются нами через какие-то черты рельефа, почв, растительности и т. п. и, таким образом, являются объектами индикации, а не индикаторами. Однако это, с нашей точки зрения, не всегда правильно, так как существует ряд случаев, когда те или иные геологические особенности в достаточной степени физиономичны и не требуют индикации. Более того, они сами приобретают характер индикаторов, особенно при индикации экзогенных процессов, когда рассматриваются как элементы среды их протекания. Так, например, можно индцировать район активизации оползневых процессов по плотности (т. е. по количеству случаев на единицу площади) молодых поверхностей стенок срыва, видимых непосредственно по их окраске. В этом случае для нас важен факт появления пятен, создаваемых обнаженной породой, и не имеет особого значения их морфология. Число таких примеров может быть увеличено.

Геоботанические индикаторы принадлежат к одним из наиболее изученных, так как в течение довольно долгого времени идею индикации развивали главным образом геоботаники. Среди геоботанических индикаторов в настоящее время выделяют виды индикаторов, сообщества индикаторов и, наконец, геоботанические индикационные признаки. К последним принадлежат морфологические изменения внешнего облика отдельных видов растений под влиянием тех или иных внешних воздействий [6, 9].

Для индикации экзогенных процессов наибольшее значение имеют не отдельные геоботанические индикаторы, а определенные их ряды, получившие в геоботанике название эколого-генетических, или сукцессионных. Это пространственные ряды растительных сообществ, в которых сообщества располагаются рядом в той последовательности, в какой они сменяют друг друга во времени, т. е. такой ряд является непосредственным индикатором определенного процесса. В настоящее время на базе этих представлений возникла концепция ландшафтно-генетических рядов, к рассмотрению которых мы неоднократно будем обращаться далее.

К гидрографическим индикаторам относятся особенности строения гидрографической сети (рисунок, густота), расположения водных объектов и даже характер их поверхности (на мелководье, зарастающих водоемов и т. д.). Эта подгруппа индикаторов обособилась сравнительно недавно: ранее во многих случаях она рассматривалась вместе с геоморфологическими индикаторами [13].

К почвенным индикаторам относятся заметные на местности и на аэроснимках черты строения поверхностных горизонтов почвы. Это солевые налеты в пустынях, щебнистые полигоны в тундре, полигональная трещиноватость в такырах и т. д. В ряде случаев почвенные индикаторы оказываются не резко ограниченными от геоморфологических, как, например, в вышеприведенном случае с такырами. Для индикации экзогенных процессов они имеют умеренное значение и чаще всего могут быть связаны только с процессами выветривания и миграции солей.

Зоогенные индикаторы связаны с различными формами деятельности животного населения ландшафта. Эта группа индикаторов пока исследована очень слабо. Сюда должны быть причислены колонии грызунов, бугры термитника, участки массового развития вредителей, повреждающих растительный покров, и т. д. Значение их для индикации экзогенных процессов, видимо, невелико.

Антропогенные индикаторы крайне разнообразны и включают самые различные компоненты ландшафта, созданные человеком. Роль

последнего в проявлении экзогенных процессов колоссальна. В ряде случаев как возникновение, так и весь ход экзогенных процессов целиком определяется деятельностью человека; при этом экзогенные процессы принимают характер инженерно-геологических процессов.

К группе комплексных индикаторов относятся эктоярусы природно-территориальных комплексов разных рангов. Таким образом, ими являются видимые визуально или доступные аэрофотографированию морфологические черты наиболее поверхностных структурных горизонтов ландшафта. В первую очередь сюда входят рельеф, наземные ярусы растительности, обнаженная поверхность почв и горных пород, поверхность водоемов и искусственные сооружения. В зависимости от подробности выделения природно-территориальных единиц комплексные индикаторы могут быть относимы к фации, урочищу или ландшафту.

При изучении экзогенных процессов комплексные индикаторы имеют наибольшее значение, потому что во многих из них взаимодействуют и сочетаются наиболее важные подгруппы частных индикаторов: геоморфологические, геоботанические, антропогенные и др. Кроме того, представляя собой некоторую сложную систему, комплексный индикатор отражает собой индицируемый процесс более полно и многосторонне, чем частный индикатор.

Комплексные индикаторы в большей мере, чем частные, связаны с ситуационными признаками дешифрирования, т. е. выражаются через структуру и рисунок аэрофотоизображения ландшафта.

Под дешифровочными факторами понимаются условия, знание которых является обязательной предпосылкой эффективности дешифрирования. Некоторые из этих условий могут и не найти непосредственного изображения на аэрофотоснимке. Дешифровочные факторы могут быть условно подразделены на две группы: постоянные и переменные. К группе постоянных факторов относятся: зональное положение изучаемой территории и принадлежность ее к определенному типу ландшафта (горному или равнинному), а также расположение территории в том или ином геоструктурном регионе. К группе переменных факторов принадлежат: технические условия (летательные средства, тип аэрофотоаппарата, тип аэропленки и фотобумаги, условия их обработки); атмосферно-оптические условия (сезон и время съемки, освещенность, положение солнца, наличие дымки и облаков); психофизиологические условия (острота и стереоскопичность зрения, свето- и цветоразличие, утомляемость, навык дешифровщика и пр.).

Основные направления в дешифрировании экзогенных процессов. Опыт дешифрирования экзогенных процессов позволяет утверждать, что существуют три основных вида дешифрирования: синхронический, диахронический и синдиахронический*. Выделение этих трех видов исследований определяет сравнительно самостоятельные этапы познавательной практики, но вместе с тем они взаимодополняют друг друга при всестороннем изучении процессов.

При синхроническом дешифрировании мысленно подразделяют процесс на какие-то отрезки, каждый из которых представляет собой в сущности единовременную ситуацию и изучается независимо от других подобных отрезков. В целом картина процесса воссоздается после изучения серии таких отрезков чисто логическим путем, причем всевозможные бреши и разрывы заполняются на основе предположений. Классическим примером синхронического дешифрирования является дешифрирование одного или нескольких аэроснимков, относящихся к

одному и тому же залету. На каждом из таких снимков обычно зафиксированы проявления тех или иных экзогенных процессов, но благодаря моментальному однократному фотографированию каждый из снимков дает нам статическую ситуацию ландшафта и разнообразные построения развития процесса оказываются возможными лишь на основе предположений, догадок и аналогий. Таким образом, обычное использование однократных съемок представляет собой осуществление синхронического подхода к дешифрированию.

При диахроническом дешифрировании одновременно рассматривают или весь процесс в целом, или какой-то значительный его отрезок во времени. Процесс является в этом случае не раздробленным на ряд статических ситуаций, а изображается как единая система. Связи и переходы между разными элементами процесса не служат предметом наших догадок или логических выводов, а видны непосредственно. Простейшим примером диахронического подхода к дешифрированию экзогенных процессов является проведение повторных аэрофотосъемок территории, охваченной теми или иными процессами. Чем чаще производится повторная съемка, тем полнее диахронический охват процесса.

Синдиахроническое дешифрирование представляет собой синтез двух ранее описанных видов. Возможность такого синтеза открывает существование особого типа индикаторов — ландшафтно-генетических рядов.

Как известно, ландшафтно-генетические ряды — это пристрастные ряды ландшафтов, расположенные в той последовательности, в которой они сменяют друг друга в ходе эволюции территории [8]. Отдельные формы проявления экзогенных процессов в ландшафте, связанные между собой единством происхождения и находящиеся на разных стадиях развития, образуют единый ряд развития их во времени. Таким образом, изучив пространственное расположение разных стадий развития процесса и последовательность расположения этих стадий, можно получить представление о развитии этих процессов во времени. Так, можно определить стадийность развития различных экзогенных процессов, изучив связи стадий их развития с физиономическими компонентами ландшафта.

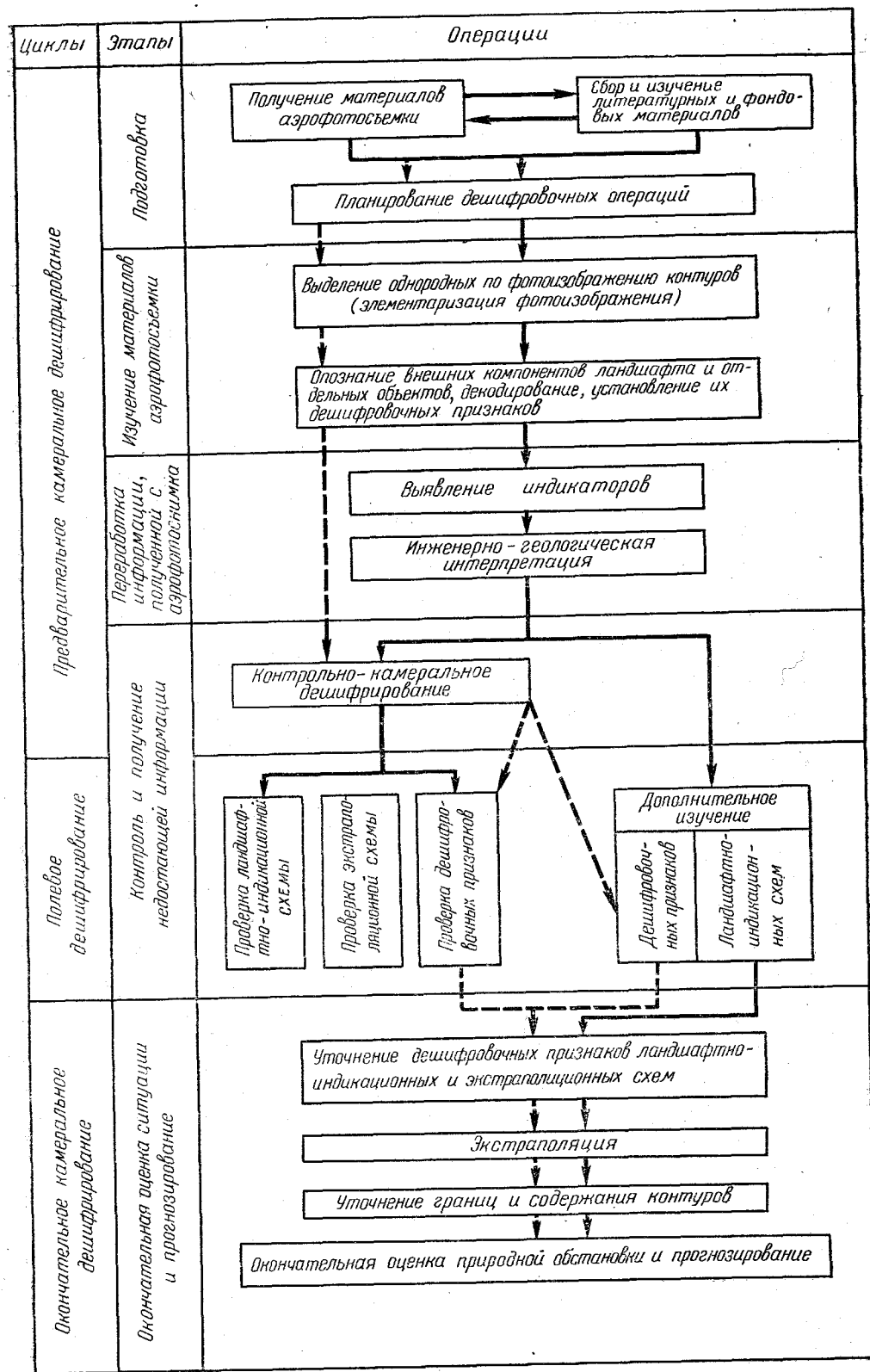
По эффективности и перспективности синдиахронический вид дешифрирования превосходит во много раз ранее описанные, но на пути его реализации встречаются значительные трудности, что не позволяет широко использовать его на практике. Первой и наибольшей является слабая изученность ландшафтно-генетических рядов, второй — большая протяженность многих из них, что часто ведет к необходимости увеличения площади съемок. Не всегда ясны признаки, по которым ландшафтно-генетический ряд может быть отличен от любого другого ряда ландшафтов, не имеющих генетической связи друг с другом.

Структура дешифровочного процесса. При дешифрировании экзогенных процессов может быть использована структурная схема дешифровочного процесса, показанная на рис. 2. Она включает в себя выделение трех циклов исследований, каждый из которых подразделяется на ряд этапов.

Эта схема отчетливо иллюстрирует, что в практике дешифрирования экзогенных процессов широко применяют принцип последовательного приближения, заключающийся в том, что изучение экзогенного процесса с помощью аэрометодов должно быть построено так, чтобы обеспечивалось постепенное наращивание информации, с одной стороны, о структуре процесса (масштабное приближение), а с другой, о конкретных взаимосвязях между компонентами ландшафта, вовлекаемыми в процесс (диагностическое приближение).

Первый вид приближения, масштабное, называется так, поскольку оно осуществляется главным образом за счет анализа аэрофотоизоб-

* Термины заимствованы нами из теории системных исследований. Синхрония в буквальном понимании означает одномоментность, совместность во времени, одновременность; диахрония — разномоментность, разновременность; синдиахрония — термин, производный от того и другого.



--- Путь прямого дешифрирования — Путь косвенного дешифрирования

Рис. 2. Схема дешифровочного процесса

ражений все более и более крупного масштаба (вначале изучение уменьшенных репродукций фотосхем, позже дешифрирование снимков основного масштаба аэрофотосъемки и, наконец, выборочное проведение и изучение крупномасштабных съемок). В большинстве случаев в ходе масштабного приближения сохраняется синхронический характер дешифрирования, так как дело идет о разномасштабном анализе материалов одной или двух съемок.

Наращивание сведений об индикаторах, объектах индикации и дешифровочных признаках есть второй, диагностический, вид приближения. Элемент последовательности в наращивании этой информации заключается в построении работ по некоторой спирали. Создав известное представление о территории работ, исследователь как бы уклоняется от генерального пути дешифрирования и на короткое время сосредотачивает внимание на наземных ландшафтно-индикационных исследованиях, проводимых на небольшом количестве ограниченных «ключевых» участках. При этом для контроля дешифровочной информации и получения дополнительных данных о дешифровочных признаках и индикационных связях компонентов ландшафта применяются маршрутные наземные наблюдения, выполняются горно-буровые и геофизические исследования, осуществляется опробование горных пород и подземных вод. Получив в результате этих исследований некоторый запас индикационной и дешифровочной информации, исследователь возвращается к дешифрированию и ведет его до тех пор, пока не отпадут сомнения в правильности дешифрирования. Тогда повторяют тот же прием и осуществляют его последовательно необходимое число раз.

Дешифрирование экзогенных процессов и количественная оценка их интенсивности и активности. Основной целью дешифрирования экзогенных процессов является составление специальных карт экзогенных процессов. Среди них можно выделить: а) обзорные карты современного состояния развития экзогенных процессов масштаба 1:100 000—1:200 000, показывающие распространение всех главных типов экзогенных процессов в зависимости от компонентов, формирующих сферу их протекания; б) детальные карты факторов развития процессов масштаба 1:10 000—1:25 000, обуславливающих различную интенсивность и активность процессов на наиболее динамичных участках территории. Эти карты позволяют проследить развитие процессов не только в пространстве, но и во времени с учетом влияния компонентов сферы воздействия.

Результаты картографирования экзогенных процессов по материалам аэрофотосъемки позволяют подойти к комплексной оценке их интенсивности и активности [16].

Под интенсивностью проявления процессов понимается количество форм на единицу площади, где проявлены экзогенные процессы, или даже (процент) этой площади от общей площади территории. В тех случаях, когда невозможно оперировать площадными характеристиками, то вводится понятие о частоте форм проявления процессов на единицу площади. Под активностью проявления экзогенных процессов понимается отношение свежих форм их проявления к общему количеству. При определении активности отдельной конкретной формы (оползня, карстовой воронки, оврага и т.д.) можно оперировать площадными характеристиками (отношение активной площади формы к ее общей площади).

Все количественные измерения на аэрофотоснимках производятся при помощи планиметра, курвиметра и топографической палетки, а также использования стереофотограмметрических приборов.

Оценка интенсивности экзогенных процессов осуществляется по материалам аэрофотосъемки одного залета, а активности — по результатам сравнительного дешифрирования. Во втором случае могут

быть использованы два способа: сравнение материалов аэрофотосъемки прошлых лет с натурными измерениями на местности; сопоставление аэроснимков разновременных залетов. Итоги подсчетов подвергаются статистической обработке, в результате чего выделяют классы показателей с различной (очень сильной, сильной, слабой и нулевой) степенью интенсивности или активности развития процессов.

Количественные показатели градации классов могут изменяться в зависимости от региональных закономерностей развития процессов, что позволяет разрабатывать прогнозы дальнейшего развития экзогенных процессов.

Метод дешифрирования аэрофотоснимков может быть использован, с нашей точки зрения, лишь на первой, согласно представлениям К. А. Гулакяна, В. В. Кюнтцеля, А. И. Шеко [14], стадии прогноза, при составлении долгосрочных прогнозных карт. Среди прогнозных карт различают: а) карты прогноза естественного развития экзогенных процессов, указывающие пути дальнейшего преобразования территории при сохранении тех условий, которые имеются на ней в настоящее время, и б) карты прогноза измененного или условного развития экзогенных процессов, предусматривающие дальнейший ход развития при осуществлении тех или иных изменений природной обстановки. Чаще всего такие карты составляются для прогноза последствий тех или иных антропогенных воздействий на ландшафт (создание водохранилищ, орошение, осушение и др.).

В некоторых случаях прогнозная информация может быть дана на специальных аналитических картах. Так, например, результаты количественной оценки могут быть использованы для определения характера и степени устойчивости территорий и разработки региональных прогнозов развития экзогенных процессов [21].

Кроме карт, в результате дешифрирования экзогенных процессов нередко составляются комплекты систематизированных по какому-либо определенному принципу аэрофотоснимков, отображающих тот или иной процесс. Широко распространено комплектование аэроснимков по генетическому принципу, т.е. разделение их по генетическим группам экзогенных процессов. В этом случае в наибольшей мере подчеркивается пестрота и разнообразие аэрофотоизображений одного и того же процесса. Возможной является систематизация по морфологическому сходству аэрофотоизображений; при этом с наибольшей отчетливостью выявляется конвергенция в морфологическом выражении различных процессов. Наиболее эффективна морфогенетическая систематизация. При этом первоначально аэроснимки систематизируются по генетическим группам процессов, внутри них — по отдельным процессам и внутри последних — по морфологическим особенностям (см. прил. III).

ГЛАВА 2.

КОМПОНЕНТЫ ПРИРОДНОЙ ОБСТАНОВКИ И ИХ РОЛЬ В РАЗВИТИИ ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ БРАТСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Краткая характеристика компонентов ландшафта сферы протекания процессов. К числу таких компонентов в районе Братского водохранилища относятся горные породы, подземные воды, рельеф и почвенно-растительный покров.

Горные породы. Район исследований расположен на крайнем юге Сибирской платформы и входит в состав общей тектониче-

ской структуры Иркутского амфитеатра. Здесь четко выделяются два геоструктурных этажа: нижний, сложенный нижнепалеозойскими кембрийскими породами, и верхний, образованный мезо-кайнозойскими, юрскими и четвертичными отложениями. Коренные породы постепенно погружаются с юго-запада на северо-восток. Между структурными этажами наблюдается резкое угловое несогласие.

Кембрийские отложения представлены нижним и верхним отделами. Нижний кембрий образован сульфатно-карбонатными породами ангарской свиты. Низы свиты представлены доломитовыми и гипс-ангидритовыми образованиями, верхи сложены глинистыми и мергелистыми доломитами с прослоями известняков и глинистых гипс-ангидритовых пород. Верхняя часть свиты характеризуется более повышенным содержанием мергельных и сульфатных отложений. Монолитные карбонатные породы водонепроницаемы. Однако в отдельных интервалах отмечаются следы тектонической трещиноватости, что обуславливает хорошую их водопроницаемость. Трещины характеризуются двумя основными направлениями: СЗ 300—320° и СВ 45—60° [44]. Общая мощность отложений 550—600 м.

Верхний кембрий сложен красноцветными породами верхоленской свиты, представленной мергелями, аргиллитами и известковистыми песчаниками, которые залегают с угловым несогласием на породах ангарской свиты. В пределах верхоленской свиты выделяются две под-свиты: нижняя и верхняя. Основная часть разреза нижней подсвиты представлена мергельно-глинистыми породами: в нижней ее части мергелями и алевролитами, в верхней — песчанистыми разностями. Толща сильно загипсована и содержит прослой и пласты гипса, особенно в нижней части на контакте с нижним кембрием. Породы трещиноваты. Для мергелистых разностей характерна мелкая сеть тектонических трещин, часто выполненных гипсом. Верхняя подсвита представлена полимиктовыми и известковистыми песчаниками, переслаивающимися с аргиллитами, мергелями и глинами. Общая мощность пород верхнего кембрия 250—440 м.

Юрские отложения имеют ограниченное распространение и сохранились только на водораздельных участках. Представлены они в основном песчаниками. На более возвышенных участках песчанистые отложения сменяются глинистыми разностями. Породы юры залегают с явным угловым несогласием и большим стратиграфическим перерывом на неровной размытой поверхности кембрийских отложений. Мощность юрских отложений 50—100 м.

Четвертичные отложения представлены аллювиальными, делювиальными и элювиально-делювиальными образованиями. Аллювиальные отложения распространены по долинам Ангары и ее притоков — Осы, Обусы, Унги, Уды и др. Пойма р. Ангары и комплексы низких и частично средних террас, а также устьевые части долин ангарских притоков в настоящее время затоплены водами водохранилища. Русловая фация аллювия представлена галечниками и песками с линзами гравия и гальки; пойменные фации сложены суглинками, супесями и тонкозернистыми песками. Отложения высоких террас образованы маломощным покровом глин с примесью гальки и гравийно-песчаных фракций.

Делювиальные отложения сплошным чехлом покрывают склоны водоразделов и комплексы средних и высоких террас. Они представлены суглинками, супесями, реже песками и глинами, иногда облесованными. Мощность их достигает 10—12 м, она меньше в верхней части склонов и больше у их подножий.

Элювиально-делювиальные отложения широко распространены на плоских водоразделах и пологих склонах и представлены суглинками, реже супесями с примесью щебнистого материала. Литологический

состав их находится в прямой зависимости от подстилающих коренных пород.

Элювиальные отложения развиты на плоских водоразделах. Их состав также зависит от подстилающих коренных пород. Так, на карбонатных породах нижнего кембрия элювий представлен известковистыми тяжелыми суглинками и глинами со значительной примесью щебенки, известняков и доломитов. На площади распространения песчаных пачек верхнего кембрия элювиальные образования представлены супесями и песками, на мергелистых отложениях — красно-бурыми плотными суглинками, реже глинами. Элювий юрских пород представлен суглинками, супесями, песками, реже глинами. Мощность элювия обычно не превышает 3—4 м.

Геологическое строение территории является одним из важнейших факторов развития экзогенных процессов, те или иные типы которых прямо обуславливаются определенными литолого-петрографическими комплексами пород. Так, породы ангарской свиты и низов верхоленской свиты кембрийского возраста определяют развитие карстовых процессов. Породы юрского возраста являются более устойчивыми по отношению к развитию в них экзогенных процессов. Рыхлые отложения четвертичного возраста при определенных геоморфологических и гидрогеологических условиях определяют развитие таких экзогенных процессов, как оползни, просадки, эрозия.

Подземные воды. Гидрогеологические условия изучаемой территории отличаются большим разнообразием. На описываемой территории широко представлены грунтовые воды четвертичных отложений, трещинно-пластовые и трещинно-карстовые воды коренных пород. Грунтовые воды четвертичных отложений приурочены к аллювиальным песчано-галечниковым отложениям комплекса средних и верхних террас. Состав их гидрокарбонатный кальциевый, с минерализацией до 1 г/л, глубина залегания от 2—3 до 5—10 м.

Подземные воды юрских отложений обычно свободные трещинно-пластовые и лишь местами имеют напорный характер. По химическому составу они гидрокарбонатные кальциевые с минерализацией 0,3—0,5 г/л. Глубина залегания от 9 до 70 м.

Подземные воды отложений верхнего кембрия представлены рядом водоносных горизонтов, которые формируются в пределах соответствующих подсвет верхоленской свиты. В верхней подсвете водовмещающими породами служат трещиноватые песчаники, а водоупором — аргиллиты, алевролиты и монолитные песчаники. Воды в отложениях нижней подсветы приурочены к трещиноватым песчаникам и мергелям; водоупором служат плотные разности мергелей. Минерализация вод от 1 до 2,5 г/л, состав сульфатный магниевый-кальциевый. Подземные воды отложений нижнего кембрия в основном трещинно-пластовые и трещинно-карстовые. Трещинно-пластовые воды приурочены к пластам трещиноватых и кавернозных доломитов и доломитизированных известняков и образуют несколько водоносных горизонтов. По солевому составу они гидрокарбонатные кальциевые, реже сульфатные кальциевые и хлоридно-сульфатные кальциевые с минерализацией от 0,3 до 1 г/л. Трещинно-карстовые воды развиты в полосе, непосредственно примыкающей к водохранилищу. В закарстованных массивах выделяются зоны вертикальной, горизонтальной и сифонной циркуляции подземных вод. Солевой состав их меняется от гидрокарбонатных кальциевых с минерализацией 0,5—1,5 г/л в области развития карбонатных пород до сульфатных кальциевых с минерализацией 1,0—3,0 г/л и хлоридных натриевых с минерализацией 5—7 г/л и выше на площадях развития гипсоносных карбонатных пород.

Подземные воды сильно влияют на развитие экзогенных процессов. Братское водохранилище вызвало существенные изменения в ре-

жиме подземных вод, что привело к образованию кривой подпора, которая в районе исследований выклинивается в среднем на расстояние 5—10 км от современной береговой линии. Повышение уровня воды в водохранилище расширило сферу влияния речных вод в горизонтальном направлении. Этому способствовали как интенсивная закарстованность современной зоны вертикальной циркуляции, так и ежегодная сработка воды в водохранилище. Последнее обстоятельство вызвало сильную активизацию карста и процессов отседания склонов.

Рельеф и особенности его строения. Район исследований, занимая южную часть Ангарской плоской возвышенности, входит в состав геоморфологической области Средне-Сибирского плоскогорья [17]. Современный рельеф возвышенности представляет собой холмистую сильно расчлененную равнину, приподнятую в среднем на высоту 500—600 м в левобережной части и на 600—700 м в правобережной. Формирование его происходило в результате взаимодействия эндогенных и экзогенных процессов, интенсивность которых на различных этапах геологического развития территории была неодинаковой. По данным С. С. Воскресенского, в течение второй половины плицена и четвертичного периода южная часть Сибирской платформы испытала неравномерные по интенсивности поднятия, а местами опускания. Результатом этого явился сильный эрозионный врез, предопределивший интенсивное развитие денудации, эрозии и аккумуляции в современный период.

Большинство исследователей выделяют на территории южной части Братского водохранилища следующие типы рельефа: эрозионно-денудационный, структурно-денудационный и эрозионно-аккумулятивный.

Эрозионно-денудационный рельеф объединяет два морфологических подтипа: холмисто-увалистый и грядовый.

Холмисто-увалистый, мягко очерченный рельеф с пологими (до 15°) склонами и вытянутыми водоразделами проявляется в пределах распространения глинисто-мергелистых пород верхнего кембрия на абсолютных высотных отметках 420—480 м. Относительные превышения между плоскими водоразделами не более 150 м.

Грядовый рельеф отличается от увалистого главным образом более крутыми (до 25°) склонами и резко выраженными морфологическими элементами. Проявляется он в полосе развития пород нижнего кембрия на абсолютных высотах 500—530 м. Характерна большая глубина эрозионного расчленения.

Большое значение в формировании современного рельефа имеют склоновые и карстовые процессы.

Структурно-денудационный рельеф представлен структурно-денудационными ступенями, расположенными на абсолютных отметках 700—830 м. Они сформировались в результате эрозии и денудации в породах, обладающих различной стойкостью к процессам выветривания. Участки распространения такого рельефа приурочены к территориям, сложенным песчано-глинистыми породами верхнего кембрия и юры. В современной моделировке структурно-денудационного рельефа большую роль играют эрозионно-оползневые и делювиальные процессы, соответственно формирующие два типа склонов: эрозионно-оползневых и делювиальных.

Эрозионно-аккумулятивный рельеф представлен комплексами террас Ангары, Осы, Обусы и Унги. Соответственно данным С. С. Воскресенского [10] мы выделяем четыре комплекса террас: 1) поймы высотой 2—4 и 6—9 м; низкие террасы высотой 10—12, 14—16 и 20—22 м; 3) средние надпойменные террасы высотой 30—36, 45—60 и 65—75 м; 4) высокие надпойменные террасы высотой 75—80 и 90—130 м.

Пойменный комплекс и комплекс низких террас в настоящее время затоплены водами Братского водохранилища.

Террасы среднего комплекса цокольные. Уровни террас 30—60 м отмечаются на участке левого берега р. Ангары от пос. Мучная Степь до пос. Халюр. По правому берегу они имеют весьма ограниченное распространение и фиксируются в районе д. Середкино. По левобережью р. Унги и по правому берегу р. Ангары от с. Малышевка до Усть-Уды поверхность террас скрыта под чехлом делювиальных отложений. Сложены террасы суглинистыми и песчано-галечными отложениями мощностью 8—10 м. В настоящее время эти террасы перерабатываются абразионно-аккумулятивными процессами.

Высокие надпойменные террасы также цокольные. Они распространены по долине р. Ангары на участках деревень Малышевка — Игжей, Нельхай—Балаганск и по левобережью р. Унги; по долине р. Осы они развиты узкой полосой лишь на участке правого берега между деревнями Заглик и Красноярской. Делювиальные процессы полностью сnivelировали морфологические элементы этих террас, что затрудняет установление их границ. В целом в рельефе они не выражаются, и об их наличии говорит лишь литологический разрез, вскрытый шурфом или скважиной. В разрезе преобладают красноцветные делювиальные суглинки и супеси с маломощными прослоями песчаных и гравийно-галечных отложений. Мощность аллювиальных отложений высоких террас 10—15 м.

Геоморфологические условия, наряду с геолого-литологическими, являются решающими при развитии экзогенных процессов. Для каждого определенного типа рельефа характерен специфический набор экзогенных процессов, что придает этому типу рельефа характерные физиономические черты.

Почвенно-растительный покров. На территории изучаемого района господствует березово-сосновая, в меньшей степени — березово-лиственничная лесостепь. Степные участки приурочены к речным террасам и крутым щебнистым склонам водоразделов освещенных экспозиций, лесные — к плоским водоразделам и их пологим склонам теневых экспозиций [25]. От верховьев рек — притоков Ангары — к их устьям наблюдается закономерная смена растительности как в пойме, так и на надпойменных террасах. Так как исследованная территория занимает сравнительно неширокую полосу по обе стороны водохранилища, она захватывает лишь низкие и частично средние части долин притоков Ангары. В среднем течении рек в поймах на дерново-луговых почвах господствуют настоящие луга (пырейные, луговоовсянищевые, белополевичевые, смешанные мелкотравные); на дерново-луговых оглеенных и иловато-глеевых почвах — болотистые крупноосоковые луга с ивняками и черемушниками по прирусловым валам. На высоких террасах — сосновые и березовые леса и суходольные луга. В нижнем течении рек в поймах на дерново-луговых солончаковатых почвах распространены настоящие солончаковатые луга (ячменевые и бескильничевые), болотистые луга (безжилковоосоковые и бекманниевые); на дерново-луговых солончаковатых почвах и луговых солончаках — сазовые степи (вострещовые, волосценовые, чиевые и семитрянпопыльные) с пятнами солончаковой растительности по западинам. На высоких террасах — луговые и настоящие степи [25].

На хорошо прогреваемых склонах водоразделов освещенных экспозиций развиты степи — настоящие (тырсовые, типчаковые, тонконосовые) и луговые (вострещовые, житняковые, стоповидноосоковые).

Водоразделы и их пологие склоны заняты лесами. Сосняки развиты по южным и западным склонам и плоским водоразделам на дерново-карбонатных выщелоченных и оподзоленных почвах и представ-

лены следующими типами: брусничным, голубичным, багульниковым, толокнянковым, рододендроновым, спирейным, вейниково-разнотравным, остепненно-разнотравным, стоповидноосоково-разнотравным. Лиственничные леса развиты на склонах теневых экспозиций, днищах падей, а местами и на плоских водоразделах и представлены следующими типами: брусничным, голубичным, брусниково-разнотравным, вейниково-разнотравным, дернистоосоковым, ерниково-рододендроновым, стоповидноосоково-разнотравным. Почвы под лиственничниками дерново-карбонатные выщелоченные. Березовые леса являются вторичными и развиты повсеместно. Травяной покров и почвы березняков сохраняют специфику тех коренных типов леса, на месте которых они сформировались. Березняки представлены разнотравно-брусничным, багульничково-голубичными, рододендроновым, спирейным, бруснично-разнотравным, вейниково-разнотравным, дернистоосоковым и стоповидноосоково-разнотравным типами. Основные леса развиты на месте пожарищ и встречаются небольшими участками среди хвойных лесов у подножий склонов и по днищам падей. Они представлены злаково-разнотравным и разнотравно-брусничным типами.

Строительство водохранилища и затопление больших площадей пахотных и пастбищных угодий привели к интенсивной распашке и большому усилению пастбищной нагрузки на степные участки водоразделов, а также к интенсивному сведению лесов. В результате этого происходит интенсивное остепнение территорий водоразделов и засоление речных долин и их склонов. Усиление выпаса на степных участках приводит к смене вострещовых степей тонконосово-типчачковыми или твердоватоосочковыми, а в дальнейшем — к полному уничтожению степных многолетников. На месте степей здесь развивается сбой из сорного низкотравья.

Характер растительности неизбежно влияет на ход экзогенных процессов, а его антропогенное изменение влечет за собой интенсификацию многих из них.

Подземные карстовые формы влияют на растительность через дренаж подземных вод, в результате чего зачастую в карстовых районах растительность носит более ксерофильный характер, чем зональная. Часто это влияние осуществляется из-за отсутствия многолетней мерзлоты в карстовых районах [4]. Наземные карстовые формы влияют на растительность через микрорельеф, микроклимат, через условия увлажнения, создаваемые местным водосбором и местным водоупором, или приближением растительности к уровню грунтовых вод. Поэтому растительность отрицательных карстовых форм более мезофильная или даже гигрофильная, чем фоновая, что позволяет использовать ее в качестве индикатора карстопроявлений.

В свою очередь растительность может рассматриваться как один из мощных факторов карстообразования. Растительность и почвенный гумус обогащают воды углекислотой и органическими кислотами, способствуя проявлению коррозии. Ряд авторов считает, что развитие карста под лесом идет интенсивнее, ибо здесь наблюдается более постоянный и повышенный расход подземного стока и подземные воды залегают глубже и, следовательно, сильнее воздействуют на карстующиеся породы. Растительность уменьшает промерзание почвы, что усиливает карстообразование. Лесная растительность увеличивает агрессивность атмосферных вод, проходящих через кроны деревьев в лесную подстилку, за счет снижения рН. В то же время следует сказать, что лесная растительность регулирует сток, способствует заиливанию воронок и прекращению развития поверхностных карстовых форм. Поэтому направление воздействия растительности на карстовые процессы зависит от ряда сопряженных факторов и может быть весьма различным.

В отношении влияния растительности на гравитационные, эрозионные и абразионно-аккумулятивные процессы можно определенно сказать, что оно является преимущественно сдерживающим и уничтожение растительности ведет к оживлению и активизации этих процессов. Поскольку в связи с созданием водохранилища усилилось вырубание лесов, распашка земель, выпас скота, все это привело к оживлению ряда экзогенных процессов по причине уничтожения растительности.

Специфические условия Братского водохранилища привели к тому, что заболачивание и зарастание берегов водной растительностью здесь почти не наблюдается. Этому способствует целый ряд факторов: во-первых, преимущественно крутые берега и слабое развитие мелководий, и, во-вторых, отсутствие диаспор гидро- и гигрофитов из-за слабой заболоченности территории до затопления. Даже на мелководьях, в заливах водохранилища и на затопленных берегах водная и болотная растительность еще не развилась. Берега водохранилища зарастают бурьянистыми однолетними сорняками, реже здесь присутствует ряд пойменных мезофитов (ивы, вейники, смородина и др.), которые при резких сезонных колебаниях воды в водохранилище ежегодно погибают. Лишь кое-где в мелководьях заливов вблизи существовавших ранее болот появляются ситники и осоки. В целом рассчитывать на гасящее волны и сдерживающее абразионное влияние водной растительности в скором будущем, по-видимому, нельзя.

Краткая характеристика компонентов ландшафта сферы воздействия. Значительную роль в активизации экзогенных процессов в зоне влияния Братского водохранилища оказали компоненты сферы воздействия, относящиеся к областям нисходящих (климат и хозяйственная деятельность человека) и латеральных воздействий (гидрологический режим водохранилища). Компоненты области восходящих воздействий (нетектоника и сейсмическая деятельность) не сыграли существенной роли в активизации экзогенных процессов и в данной работе не рассматриваются.

К л и м а т. Отличительной чертой климатических условий данного района является его резкая континентальность, обусловленная влиянием Саянских гор, которые преграждают сюда доступ тепловых воздушных масс. Зимой здесь господствует антициклон, обеспечивающий ясную погоду, сухость воздуха и слабые ветры. Летом над изучаемой территорией располагается область пониженного давления и развивается усиленная циклоническая деятельность, в результате чего выпадает более 75% годовой суммы осадков. Зима продолжительная и суровая (от 180 до 220 дней), лето короткое и теплое. Среднемесячная температура воздуха в районе исследований колеблется от +18° зимой до -27° летом. Средняя продолжительность безморозного периода составляет в Балаганске 91 день, в Иркутске — 94.

Годовой ход абсолютной влажности обратен ходу температуры. Наибольшее значение относительной влажности наблюдается в декабре (от 80 до 86°), наименьшее — в мае (от 54 до 62°). Разнообразие рельефа обуславливает неравномерность распределения осадков в пределах района; в целом количество осадков убывает с севера на юг. Годовой ход осадков имеет резко выраженный максимум в июле—августе (25% годовой суммы) при общем количестве 370—400 мм в год. По мере продвижения на север доля зимних осадков возрастает. Снежный покров устанавливается в первой половине октября, сходит в конце апреля—середине мая.

На описываемой территории преобладают ветры северо-западного и западного направлений. Наименьшие скорости ветра наблюдаются в зимние месяцы, наибольшие — в апреле—мае. Ветровой режим оказывает первостепенное воздействие на процессы абразии.

Влияние климата на развитие других экзогенных процессов (особенно на карст) противоречиво. С одной стороны, продолжительная зима и глубокое сезонное промерзание почв задерживают развитие карстовых процессов, с другой, максимум осадков, приходящийся на теплый период года, усиливает действие карста. Сильно влияют на карстовые процессы талые воды. Снег сдувается зимой в депрессии рельефа, и там холодные снеговые воды полностью впитываются при его таянии. Это приводит к локализации карста в пониженных и особенно замкнутых формах рельефа. Холодная продолжительная и мало-снежная зима способствует сильному развитию физическому выветриванию пород, трещинообразованию в их поверхностной толще. В дальнейшем при воздействии талых и дождевых вод эти трещины могут способствовать развитию ряда экзогенных процессов карста, суффозии, отседания склонов, эрозии и т.д.

Гидрологический режим водохранилища. В результате создания водохранилища резко изменились все гидрологические характеристики р. Ангары и ее притоков. Глубины в приплотинной части водохранилища достигают 100 м. Зависимость расходов и уровня воды в значительной степени определяется режимом работы гидроузла. В приплотинной части водохранилища колебания расходов практически не сказываются на положении уровней воды, в зоне выклинивания подпора режим уровней определяется в основном режимом расходов, проходящих через расположенный выше Иркутский гидроузел. Среднегодовой приток к Братскому водохранилищу в размере 92 км³ состоит из зарегулированного стока Байкала (65%) и незарегулированного стока притоков Ангары (35%). Таким образом, преобладающая часть стока к Братскому водохранилищу зарегулирована. Колебание уровней воды в водохранилище происходит в настоящее время лишь в верхней двухметровой призме полезной емкости. В связи с заполнением водохранилища увеличилась площадь зеркала воды, что создало условия для развития ветрового волнения. Высоты волн здесь достигают 3 м и почти нигде не снижаются менее 0,75—1 м, а максимальный разгон волн составляет 15—30 км.

Создавшийся гидрологический режим, в том числе подъем уровня воды, постоянное его колебание, образование ветрового волнения — являются главными причинами, обусловившими возникновение и интенсивное развитие процессов переработки берегов водохранилища (абразии и аккумуляции). Кроме того, поднятие уровня подземных вод определило активизацию карстовых процессов.

Хозяйственная деятельность человека. Основным антропогенным фактором, оказывающим первостепенное влияние на экзогенные процессы, является воздействие Братского водохранилища. В результате влияния водохранилища происходит абразия, подрезка склонов, вызывающие оживление гравитационных процессов и карста, заболачивание и затопление лесов в нижних частях долин притоков Ангары. Косвенное влияние водохранилища проявляется в том, что в результате затопления в районе водохранилища осваиваются новые территории, развивается промышленное и гражданское строительство, т.е. происходит техногенное нарушение ландшафта: разработка карьеров, котлованов, выемок под автодороги, вырубки леса, интенсификация земледелия и усиление пастбищной нагрузки и т.д. Все это является толчком для оживления ряда экзогенных процессов — эрозии, оползней и т.д.

Сильно способствует развитию водной и ветровой эрозии почв распашка водоразделов и преобладание в севообороте яровых зерновых.

В заключение следует подчеркнуть, что при установлении закономерностей развития экзогенных процессов важно не только определить

роль каждого отдельного компонента ландшафта, но и учитывать их взаимосвязи в ландшафтных системах, что является различным для каждого процесса в отдельности. При этом можно выделить компоненты, определяющие развитие каждого конкретного процесса и компоненты, способствующие развитию, обуславливающие его различные активность и интенсивность в пределах изучаемой территории.

ГЛАВА 3

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ АЭРОЛАНДШАФТНОГО МЕТОДА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В РАЙОНЕ БРАТСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Карст и связанные с ним процессы. Карстовые процессы в данном районе развиты на обширной территории и характеризуются многообразием форм своего проявления. Выделяется карбонатный и сульфатно-карбонатный карст, связанный в основном с породами ангарской свиты, и гипс-ангидритовый, проявляющийся как в породах ангарской свиты, так и в отложениях верхоленской свиты. Устанавливаются три этапа развития карста: среднекембрийский, доюрский (пермо-триасовый) и четвертичный, главным образом современный. Применение аэроландшафтного метода позволило закартировать участки развития современного карста, выраженного в ландшафте, а также установить участки предполагаемого погребенного карста, которые неразличимы при наземных исследованиях (см. приложение 1).

Наиболее распространенными и характерными карстовыми формами района являются *воронки*. По результатам дешифрирования аэрофотоснимков выявлены воронки различной формы.

Колодцеобразные воронки характеризуются округлой формой в плане и вертикальными стенками. Обычно они располагаются поодиночке или небольшими группами. Иногда вскрывают грунтовые воды. Средняя глубина их 8—12 м, диаметр 5—15 м, отношение диаметра к глубине (коэффициент рельефности) от 2 до 5.

Конусообразные воронки характеризуются округлой формой в плане и трапециевидной в профиле. В сечении они чаще всего симметричные. Асимметрия может быть обусловлена различиями в скорости денудации освещенных и теневых склонов. Крутизна склонов 35—40°. Глубина воронок 6—8 м, диаметр 20—30 м.

Чашеобразные воронки характеризуются в плане большим разнообразием форм от округлой до неправильной. Сложная неправильная форма обусловлена слиянием нескольких воронок в одну и наличием развивающихся по склонам гравитационных и эрозионных процессов. Крутизна склонов от 15 до 30°. Диаметр от 30 до 40 м, глубина от 8 до 10 м. Коэффициент рельефности 8—10.

Циркообразные воронки возникают на склонах средней (11—16°) крутизны. В плане имеют грушевидную, подковообразную и эллипсоидную форму, с резко асимметричным поперечным профилем, обусловленным отсутствием или плохой выраженностью нижней по склону стенки. Высота верхней стенки 4 м. Диаметр воронок 20—40 м. Процессы денудации иногда полностью нивелируют воронку, придав ей форму типичного денудационного уступа.

Блюдцеобразные воронки (западины) в плане имеют овальную или неправильную форму. Склоны их пологие со слабоогнутым профилем, днище широкое и плоское. Воронки такого типа имеют глубину 1—3 м и диаметр 40—50 м. Коэффициент рельефности 10—15.

Описанные формы воронок связаны единством происхождения и различаются относительным возрастом. Изучив большое количество

воронок разного возраста, особенности их морфологии, растительности и процессов, преобладающих на их склонах, можно выделить несколько ландшафтно-генетических рядов таких карстовых форм, отражающих ход их денудации, т. е. ретроспективно наметить ход изменения как морфологии, так и растительности в зависимости от геологогеоморфологических условий.

Поскольку морфология карстовых форм зависит прежде всего от уклона поверхности, на которой они развиваются, ряды эволюции карстовых воронок можно подразделить по этому признаку на две группы: а) на плоских и полого наклонных поверхностях (до 10°); б) на склонах средней крутизны (11—16°). Эволюция растительности воронок, а также в какой-то мере и характер процессов в них зависят от присутствия местного водоупора, который может образоваться только при наличии водоупорных линз и прослоев в делювиальном чехле и создает условия для заболачивания и даже образования небольших водоемов на днище воронки. Поэтому каждая из двух упомянутых групп подразделяется еще по признаку присутствия местного водоупора. В прил. I (лист. 1) приводятся данные об изменении морфологии воронок в ходе их денудации и соответственно ход эволюции растительности для наиболее динамичного карстового района ангарской и верхнеленской свит нижнего и верхнего кембрия.

Первой стадией развития карстовой воронки является образование провала в форме цилиндрического колодца с отвесными стенками. Максимальная глубина свежих провалов, отмеченная нами, 17 м. Последующая эволюция карстовой воронки идет по пути ее денудации, выполаживания склонов, уменьшения глубины и увеличения диаметра. Воронка последовательно меняет свою форму на конусообразную, чашеобразную, и наконец, блюдцевидную. Соответственно эволюционирует и ее растительность.

В ходе денудации провала действует ряд склоновых процессов разного генезиса. От экспозиции склонов воронки зависит не только характер растительности, но и преобладание тех или иных экзогенных процессов. Так, если на склонах хорошо освещенных экспозиций преобладают обваливание дернины, плоскостной и струйчатый смыл, осыпные процессы, то на склонах теневых экспозиций ведущим является образование оползней.

Анализ ландшафтно-генетических рядов стадий развития карстовых воронок позволяет судить об их относительном возрасте.

В соответствии с изменением структуры растительного покрова и морфологии воронки в ходе ее развития изменяется и характер аэрофотоизображения, сложность структуры которого возрастает к четвертой стадии, а далее упрощается. Различение эволюционных рядов в зависимости от крутизны склонов возможно по плановым очертаниям воронок на аэрофотоснимках, о чем подробно говорится в следующей главе. Ряды же в зависимости от различия водоупора на первых и последних стадиях развития по аэрофотоснимку неразличимы. О принадлежности воронок к этим рядам мы можем судить по аэрофотоснимкам лишь на третьей—четвертой стадиях их развития. В этом случае большое значение приобретает анализ ландшафта и наземные исследования.

Рвы проседания представляют собой замкнутые, линейно-вытянутые поперек склона отрицательные формы рельефа. Расположение таких форм, перпендикулярное стоку поверхностных вод, исключает участие эрозии в их образовании. Приурочены подобные формы в основном к пологим склонам и водоразделам и гравитационного смещения на них не происходит.

На аэрофотоснимках хорошо выделяются рвы проседания двух стадий развития: намечающиеся и зрелые. Намечающиеся рвы проседания, не выраженные в рельефе, обозначаются темными, довольно

четкими, иногда прерывистыми спрямленными полосами. На пашне они видны благодаря большей гумусированности почв и лучшему их увлажнению, на нераспаханных степных участках выделяются более мезофильной, чем фоновая, растительностью. На залесенных участках рвы проседания не дешифрируются.

Зрелые рвы проседания выражены в рельефе в виде едва заметных потяжин, зачастую к ним приурочены карстовые воронки и в таком случае ров проседания приобретает четковидные очертания. Рвы проседания могут быть связаны и с тектонической трещиноватостью, в этом случае на снимках они иногда образуют ромбическую сеть взаимно пересекающихся спрямленных полос с пятнами карстовых воронок в месте их пересечения.

Суходолы — это карстово-эрозионные долины, заполняющиеся водой лишь в периоды обильного выпадения осадков. Вода из них отводится на глубину через многочисленные тектонические трещины. Днища суходолов часто изобилуют карстовыми воронками. Некоторые суходолы возникают в результате смыкания нескольких воронок, образовавшихся по трещинам. Последующая эрозионная деятельность временных водотоков придает им форму оврагов. По мнению Г. П. Вологодского [4, 28], развитие суходолов в большей степени определяется глубинными коррозийными процессами, а не эрозионными.

Аэроландшафтный метод позволяет выделить три стадии развития суходолов. Первая стадия — это подземные карстовые водотоки, приуроченные к тектоническим трещинам и не выраженные в рельефе. На аэрофотоснимках, особенно на фоне свежей пашни, они видны в виде более темной, чем фототон фоновых участков дендритовидной сети.

Следующая стадия — это цепь карстовых воронок, соединенных по ходу подземного водотока. Суходол в этом случае на аэрофотоснимке имеет четковидную, иногда извилистую форму, при этом цепь карстовых воронок вытянута по прямой или по системе прямых, соединяющихся под углом друг к другу. Такая форма суходолов характерна лишь для области распространения сульфатно-карбонатных пород верхоленской свиты; в области распространения пород ангарской свиты углубление суходола происходит постепенно без образования цепи провальных воронок.

Третья стадия развития суходолов характеризуется выраженным руслом, более или менее извилистым и довольно крутыми бортами. Такие суходолы четко выделяются на аэроснимках очень тонкой извилистой линией. В случае, если борта суходола покрыты травянистой растительностью, то линия светло-серая или белесоватая, если же вдоль русла суходола развиваются заросли древесно-кустарниковой растительности, то она на аэрофотоснимке имеет вид узкой темной полосы с мелкозернистой структурой.

Бугристо-западинный микрорельеф, тесно связанный с карстовыми процессами, широко представлен в области распространения сульфатно-карбонатных и загипсованных глинисто-мергелистых пород кембрия и приурочен к надпойменным террасам и делювиальным шлейфам. Превышение бугров над днищами западин 1—3 м. Расстояния между вершинами бугров от 20 до 50 м. Большая часть западин развита вдоль господствующих направлений тектонической трещиноватости. На буграх развиты полинно-типчачковые, вострецовые или разнотравно-злаковые степные сообщества, в западинах — злаково-разнотравные луговые сообщества или разнотравно-кустарниковый (с шиповником, спиреей и др.) осинник. На аэрофотоснимках западины отличаются от бугров более темным фототонном. На пахотных участках это различие обусловлено большей гумусированностью и увлажненностью почвы в пределах западин.

В целом на аэрофотоснимках бугристо-западинный микрорельеф имеет полигональный рисунок; темная полигональная сеть разделяет более светлые пятна. Особенно хорошо дешифрируются участки с бугристо-западинным микрорельефом на аэрофотоснимках масштаба 1 : 10 000 и 1 : 25 000.

Погребенные карстовые воронки, заполненные каолиновыми и огнеупорными глинами, на аэрофотоснимках имеют форму округлых пятен серого или темно-серого цвета, иногда оконтуренных более светлой или более темной каймой. На местности не обнаруживаются, а при дешифрировании выделяются лишь на свежераспаханных участках в районах распространения закарстованных пород верхоленской и ангарской свит.

Оползни и рвы отседания. Образование оползней и рвов отседания широко распространенный в Восточной Сибири процесс. С нашей точки зрения, рвы отседания следует рассматривать как первоначальную стадию оползневого процесса. По морфологическим особенностям оползневых тел, которые находят свое отражение на аэрофотоснимках, нами выделялись в изучаемом районе рвы отседания, оползни-блоки, оползни-оплывины и оползни-срывы (см. приложение I, листы 3 и 4).

Рвы отседания развиты преимущественно на крутых (до 35—40°) и высоких (500—1000 м) коренных склонах долин, сложенных карбонатными или гипсоносными породами ангарской свиты. Они представляют собой ряд обычно замкнутых ложбин четких очертаний, с характерными резкими изломами продольного профиля, вытянутых параллельно или субпараллельно бровке склона. Длина от 10 до 150 м, ширина вверху от 5 до 25, внизу 2—3 м. Глубина в отдельных случаях достигает 10—12 м.

Обычно вдоль бровки склона наблюдается не один, а несколько параллельных рядов рвов отседания. Располагаясь вдоль склона, они полностью перехватывают воды поверхностного стока и отводят их на глубину в зону горизонтального движения карстовых вод. В связи с этим ниже рвов отседания по склону отсутствуют какие-либо эрозионные формы, что резко отличает такие участки от обычных склонов и является важным индикационным признаком.

По мнению Г. П. Вологодского [4], развитие рвов отседания происходит исключительно по тектоническим трещинам, что подтверждается полным их совпадением на местности.

Динамика развития рвов отседания различного генезиса изучена Г. В. Чарушиным [43]. Схема этого автора совпадает с нашими представлениями о динамике рвов отседания, выявленной с применением ландшафтно-индикационного метода. На аэрофотоснимках масштаба 1 : 10 000 удается выделить четыре стадии рвов отседания. Первая стадия — образование скрытой трещины или серии трещин, параллельных или субпараллельных склону, скрытых под дерновым и почвенным покровом и в рельефе почти не выраженных. Изменение гидродинамических условий, в частности, перехват воды, стекающей со склона, обуславливает в пределах намечающегося рва лучшее увлажнение и соответственно развитие более мезофильной растительности (шиповник, спирея, кизильник и др.). Такие рвы хорошо дешифрируются на аэрофотоснимках масштаба 1 : 10 000 в виде спрямленных или коленчато-изломанных, несколько размытых полос более темного фототона. На залесенных склонах намечающиеся рвы отседания в ландшафте не проявляются и не дешифрируются.

Вторая стадия развития рва отседания — образования рва с V-образным поперечным профилем и крутыми бортами с четко выраженной бровкой. Борты и днище рва почти лишены почвенно-растительного покрова. На аэрофотоснимках эта стадия дешифрируется по спрямлен-

ным и четким очертаниям рва, резким коленчатым изгибам, повторяющимся очертания трещин, и наибольшей физиономичности, проявляющейся в очень резком и контрастном аэрофотоизображении.

Для третьей стадии развития рвов характерен V-образный асимметричный поперечный профиль и преобладание по высоте борта, обращенного к верхней части склона. Яркая физиономичность рва, находящегося на этой стадии, обусловлена его зарастанием сообществами кустарников (черемуховыми, ивовыми, боярышниковыми с участием яблони Палласа, шиповника, спиреи) и мезофильного крупнотравья. Поэтому на фоне степной растительности аэрофотоизображение рва на этой стадии представляет собой темную полосу с довольно четкой границей и мелкозернистой структурой. В условиях залесенных склонов распознавание рвов на этой стадии также затруднено, но возможно по более густому развитию древесной растительности, расположенной в виде спрямленных полос вдоль склона.

Четвертая стадия развития рвов отседания характеризуется их выположенностью, сглаженностью очертаний, пологими бортами и небольшой глубиной. В случае, если произошло значительное перемещение блока вниз по склону, такой ров принимает вид ступенчатого уступа. В большинстве случаев на этой стадии развиваются лесные сообщества (березы, лиственницы, сосны) с кустарниками и разнотравьем в нижних ярусах. На остепненных склонах такие рвы отседания дешифрируются особенно уверенно благодаря четковидно-зернистой структуре, образованной древесной растительностью. На залесенных склонах заметна ступенчатость расположения деревьев, выражающаяся в чередовании полос более густого и более резкого древостоя вдоль склона.

Оползни-блоки по форме в плане подразделяются нами на фронтальные и циркообразные. Фронтальные оползни обычно тесно связаны с рвами отседания и приурочены к участкам их развития в области распространения сульфатно-карбонатных пород ангарской свиты нижнего кембрия. Развиваются они на склонах крутизной 30—45° и представляют собой вытянутые вдоль склона участки смещения коренных пород в виде отдельных блоков, имеющих наклон, совпадающий с направлением падения склона. Нередко блоки образуют многоступенчатую поверхность. Отдельные оползни сливаются друг с другом и образуют оползневые участки сложной формы. Длина отдельных оползневых блоков по фронту склона 50—200 м, высота редко превышает 70 м. Длина оползневых участков, образовавшихся за счет слияния отдельных оползней, иногда достигает 2 км. Максимальная высота стенок срыва таких оползней достигает 10 м.

В скальных породах эти оползни тесно связаны с рвами отседания. При известных условиях развитие рвов отседания может проходить без значительного смещения блоков по склону. Иногда же сразу после образования свежего рва блок смещается вниз по склону, образуя стенки срыва оползня. Такое смещение часто вызывается абразией по берегам водохранилища.

Первая стадия развития оползня характеризуется резкими угловатыми очертаниями в плане, фронтальной вытянутостью вдоль бровки склона, четкой выраженностью стенки срыва. Оползневые тела представляют собой серию ступеней, часто запрокинутых, разбитых трещинами, параллельными бровке стенки срыва. Для этой стадии развития оползня характерно отсутствие почвенно-растительного покрова на стенках срыва и сохранение на поверхности ступеней фрагментов растительности, характерной для ненарушенных склонов. Из-за небольшого размера оползней достаточно четко дешифрируются только оползневые склоны с групповым их развитием на значительном протяжении, преимущественно на аэрофотоснимках масштаба 1:10 000. Масштаб 1:25 000 для дешифрирования динамики оползней можно считать в изу-

чаемом районе непригодным. Свежие оползни отличаются четкостью аэрофотоизображения за счет резкого контраста обнаженных стенок срыва (элементами оползневого рельефа, покрытыми растительностью). На освещенных склонах стенки срыва оползней выражены в виде белых линий, на теневых — в виде четких черных линий, расположенных в несколько рядов, параллельно друг другу.

Вторая стадия развития оползней отличается более сглаженными очертаниями оползневых тел. Стенка срыва и оползневые ступени еще четко видны, но несколько выположены. Стенка срыва занята сообществами мелких кустарников (кизильник, шиповник, спирея) и бурьянистым мезофильным крупнотравьем, степень покрытия растительностью значительная (60% и более). Поверхность оползневых ступеней имеет сформированную растительность, характерную для данного склона. Границы блоков размыты, структура аэрофотоизображения неясно пятнистая в случае преобладания травянистой растительности или мелкозернистая при господстве кустарников.

Фронтальные оползни третьей стадии развития (давние) характеризуются также вытянутой вдоль бровки склона формой, нечетко выраженными стенками срыва и оползневыми ступенями, заросшими крупнотравьем, кустарниковой или лесной растительностью, которая на стенках срыва и оползневых ступенях мало различается. Аэрофотоизображение также весьма нечетко, поэтому дешифрирование оползней на этой стадии затруднено при используемых нами масштабах аэрофотосъемки, особенно на залесенных склонах. В этом случае необходимо дополнение его аэровизуальными облетами и наземными наблюдениями. Четко индицируют оползневые склоны искривленные стволы деревьев и их разная направленность («пьяный лес»), а также некоторое ступенчатое развитие растительности у тыловых швов оползневых ступеней, что обуславливает неясную полосчатость аэрофотоизображения.

Оползни-блоки циркообразной формы не связаны с процессами отседания и имеют ограниченное распространение на территории исследований. Они получили преимущественное развитие в песчано-глинистых породах, в гипсоносных мергелисто-глинистых породах верхнего кембрия, где представлены древними стабилизировавшимися оползнями, образовавшимися в нижнечетвертичное время [4]. В современном рельефе эти оползни выражены в виде выположенных цирков диаметром 500—700 м. Площади таких оползней не превышают 0,2 км². Развиваются они на склонах крутизной 10—35°, высота стенок срыва у таких оползней до 5 м. Оползневые тела у них либо отсутствуют, либо представляют собой выположенные в рельефе ступени или валы. Стенки срыва выположены. Оползневые тела расчленены оврагами, иногда здесь присутствуют карстовые воронки и суффозионные западины. Растительность оползневых тел мало отличается от фоновой.

Оползни-оплывины и *оползни-срывы* получили широкое распространение по современным береговым уступам в результате активного абразийного воздействия водохранилища. Развита она в основном в покровных отложениях четвертичного возраста. Глубина захвата оползней не превышает 2—3 м, размеры одиночных оползней невелики, чаще всего они развиты группами на участках активной абразийной деятельности. В плане оползни имеют разнообразную форму (грушевидную, подковообразную, скобообразную), при групповом расположении — фестончатую. Сместившиеся массы у подножий склонов не накапливаются вследствие абразийного размыва. На аэрофотоснимках применяемых нами масштабов эти образования дешифрируются лишь на первой стадии их развития; для их опознавания лучше совмещать дешифрирование аэрофотоснимков с аэровизуальными наблюдениями. Поверхность оползней на этой стадии лишена почвенного покрова и растительности, лишь иногда присутствуют пионеры обнаженных грун-

тов (чистотел, паслен, донники, некоторые рудеральные виды). Фото-тон аэрофотоизображения светлый, резко контрастный с общим фоном склона, граница резкая, реже несколько размытая, структура аэрофотоизображения гомогенная.

Эрозионные процессы. Современная эрозионная деятельность на берегах Братского водохранилища проявляется в виде оврагообразования, наиболее интенсивного на площадях распространения песчано-глинистых пород верхнего кембрия.

Эрозионно-оползневые цирки приурочены к участкам структурно-денудационного рельефа на песчано-глинистых породах верхнего кембрия. Склоны структурных ступеней, отличающиеся значительной крутизной, сложенные глинистыми породами, и бронированные песчаниками, в четвертичном периоде подвергались оползневому и эрозионным процессам, что привело к формированию вогнутых цирков.

Главную роль при этом играли оползневые процессы, возникавшие в результате боковой эрозии рек. В настоящее время в некоторых цирках сохранились остатки оползневых тел в виде бугристых форм рельефа у подножия цирков.

Эрозионно-оползневые цирки хорошо дешифрируются по своим морфографическим особенностям, однако их относительный возраст устанавливается по геоботаническим данным. Так, можно выделить цирки двух стадий: молодые и давние. Овражная эрозия в молодых цирках является действующей (развивающейся), и овраги, как правило, имеют там в профиле V-образную или трапециевидную форму и лишены растительности, в давних цирках овраги фактически превратились в балки, густо заросшие и выположенные. В молодых цирках растительность концентрируется лишь у подножий склонов, тогда как крутые верхние части последних совсем ее лишены, в давних же цирках растительность является сформированной и видна четкая ее дифференциация в зависимости от экспозиции склонов: на теневых склонах развиты березовые и лиственничные леса, на освещенных склонах — степная растительность, на склонах балок — кустарниковые сообщества и фрагменты лесов. Аэрофотоизображение молодых цирков отличается большей контрастностью, более светлым в целом фототонном, а также более густой и тонкой дендритовидной овражной сетью. Характерно для них отсутствие пятен с зернистой структурой, которые образованы лесами, на аэрофотоизображениях давних цирков эти пятна обычно присутствуют.

Для *оврагов* выделяются две стадии развития. Свежие овраги имеют в плане извилистые или дендритовидно-разветвленные очертания, крутые склоны V-образный профиль. Длина их, как правило, невелика. Склоны практически лишены почвенного и растительного покрова, на днище, в тех участках, где присутствуют намывные почвы, иногда развиваются единичные экземпляры или пятна рудеральных и пионерных видов (донники, бурьянистые полны, лебеда и др.). Аэрофотоизображение свежих оврагов чрезвычайно контрастное, с резкой границей, ибо освещенные склоны их выходят ярко-белыми, а теневые — темно-серыми или черными.

Зрелые овраги в плане несколько больше по размерам, более сильно разветвлены и имеют не столь резко изломанные контуры. В профиле эти овраги чаще всего трапециевидные. Теневые склоны часто полностью покрыты зарослями кустарников (черемуха, ивы, яблоня Палласа, боярышник, шиповник и др.) и мезофильного крупнотравья, на южных и юго-западных склонах развиваются фрагменты степных злаково-разнотравных сообществ, на днище — группировки мезофильного бурьянистого крупнотравья (бурьянистые полны, лебеда, крупные зонтичные и др.). Аэрофотоизображение зрелых оврагов не столь контра-

стно как свежих, однако они уверенно опознаются на снимках масштабов 1 : 10 000 и 1 : 25 000. Структура их аэрофотоизображения обычно мелкозернистая или точечная.

Процессы переработки берегов. Создание Братского водохранилища способствует высокой степени динамичности инженерно-геологических условий территории и в первую очередь интенсивному развитию процессов переработки берегов водохранилища — разрушению берегового склона и выработке нового профиля равновесия под воздействием абразии, перемещению наносов, аккумуляции и пр. В результате переработки надводная часть берегового склона водохранилища отступает и приобретает новые очертания, а в подводной части склона формируется аккумулятивная отмель.

Морфология береговой зоны отражает историю ее развития и может служить индикатором при определении направленности развития берегов и процессов их переработки. Основные морфологические элементы береговой зоны отчетливо выявляются на материалах аэрофото съемки масштабов 1 : 10 000 и 1 : 25 000.

Береговой уступ, характер которого служит наиболее важным признаком, определяющим направленность развития берега и процессов его переработки, определяется тремя показателями: высотой, крутизной и профилем. Дешифрирование свежего берегового уступа облегчается хорошей его морфологической выраженностью и наличием свежесложенных пород белесого и светло-серого фототона, резко контрастирующих с окружающим серым фоном склонов, не затронутых абразией.

Для берегов, сложенных скальными и полускальными породами ангарской свиты нижнего кембрия (доломиты, известковистые доломиты и др.) и песчано-глинистыми разностями верхоленской свиты верхнего кембрия, характерен береговой уступ высотой более 10 м, профиль склона обычно прямой. Крутизна склона 30—45° и более. У берегов, сложенных лёссовидными супесями и суглинками, а также мергелями, гипсами и ангидритами, береговой уступ обычно менее 10 м. Профиль склона вогнутый, иногда ступенчатый с углом наклона от 10 до 40°. У берегов, соединенных рыхлыми аллювиальными отложениями, представленными песками, суглинками, илами, береговой уступ практически отсутствует. Эти берега имеют ступенчатый профиль склона с крутизной менее 10°.

Характерным элементом береговой зоны является *береговая линия*. Она хорошо распознается на участках приглубых берегов в виде четкой линии, разграничивающей контрастное изображение водной поверхности, имеющей темно-серый, почти черный тон изображения, и абрадируемого берега, обычно более светлого тона. На участках отмелей берегов она с трудом распознается на аэроснимках, вследствие отсутствия резкого контраста между аэрофотоизображением водной поверхности и берега, поскольку на мелководье просвечивает дно водоема. Конфигурация береговой линии зависит от строения склона, состава слагающих пород и процессов переработки берега; различают прямую, угловатую, волнистую и неясно выраженную конфигурацию. Прямая, иногда угловатая конфигурация характерна для скальных и полускальных пород, представленных доломитами, песчаниками, реже мергелями и алевролитами, волнистая — для полускальных пород, представленных мергелями, глинами, алевролитами, угловатая — для связных пород (лёссовидные супеси, суглинки и т. д.). Для аллювиальных отложений, представленных песками, илами, суглинками, характерна неясно выраженная конфигурация береговой линии.

Пляж хорошо дешифрируется на аэроснимках. Его характер служит индикатором при выявлении направленности формирования береговой зоны. Аэрофотоизображение, как правило, светлых тонов, резко контрастирует как с ненарушенным берегом, так и с водной поверх-

ностью. Пляж развивается преимущественно у берегов, сложенных связными породами (супесями, песками, суглинками, илами).

Дешифрирование *подводной отмели* важно для познания закономерностей развития аккумулятивных процессов не только в надводной части береговой зоны, но и в пределах прибрежного мелководья. Дешифрируется она по более светлому, чем в приглубых участках, тону аэрофотоизображения и по неясно выраженной, сильно изрезанной конфигурации береговой линии.

Взмученность воды при сильном волнении в пределах подводной отмели помогает определить по аэрофотоснимкам как направление перемещения рыхлого материала, так и возможные формы аккумулятивных образований.

Все вышеперечисленные элементы береговой зоны достаточно отчетливо дешифрируются на аэрофотоснимках и могут быть использованы в качестве классификационных признаков (индикаторов) берегов, имеющих различную направленность развития и действия процессов переработки (см. прил. II).

По направленности развития берегов их можно подразделить на три группы: абразионные, абразионно-аккумулятивные и аккумулятивные.

Абразионная группа берегов имеет хорошо выраженный береговой уступ с четкой прямолинейной, угловатой или слабо волнистой конфигурацией береговой линии. Пляж и отмель, как правило, отсутствуют, иногда наблюдается неширокая абразионная площадка, которая, как и береговой уступ, лишена растительности. Дешифрируется по спрямленной или мягко-волнистой конфигурации береговой линии и отсутствию прибрежной отмели. Узкая абразионная терраса выглядит на снимке белой полоской, четко отграниченной как от берегового склона, так и от воды и резко с ними контрастирующей.

Аккумулятивная группа берегов не имеет берегового уступа, береговая линия нечетко выражена, характерно наличие пляжа и подводной отмели. Характер растительности этой группы берегов обусловлен их подтоплением; подъем грунтовых вод привел к гибели коренной растительности, сообщества же гидрофитов и гигрофитов еще не успели сформироваться из-за отсутствия их диаспор. Поэтому преобладают рудеральные группировки — полыни, марь, крестоцветные; из гигрофитов начинают появляться ситники и осоки. Дешифрируется этот тип берегов по чрезвычайно сложной и извилистой конфигурации береговой линии, местами с нечеткой границей от суши к воде.

Абразионно-аккумулятивная группа берегов является переходной, ей свойственны признаки, присущие как первой, так и второй группам. Береговой уступ местами хорошо выражен, иногда отсутствует, береговая линия выражена четко, имеет волнистую, угловатую, реже спрямленную конфигурацию. Наряду с наличием абразионной площадки имеется пляж и береговая отмель, в результате чего профиль склона ступенчатый. Как абразионная площадка, так и пляж почти лишены растительности, встречаются лишь отдельные экземпляры пионеров обнаженных грунтов, которыми чаще всего оказываются сорные и полусорные виды. Гидрофиты и гигрофиты в пределах отмели отсутствуют. Дешифрируется эта группа берегов несколько труднее. Отвесные уступы от берегового склона к абразионной площадке и от нее к пляжу подчеркиваются темной полоской тени, в то время как поверхность абразионной площадки и пляжа выглядит белой, резко контрастной по сравнению с ненарушенным берегом и водой: наличие отмели обуславливает постоянный размывленный переход от пляжа к темной поверхности воды.

Выделение типов берегов по материалам аэрофотосъемки производится по набору более дробных классификационных признаков, в со-

став которого входят: характеристика берегового уступа (высота, крутизна); профиль склона; конфигурация береговой линии, ширина пляжа и подводной отмели.

На территории южной части Братского водохранилища было выделено шесть типов берегов. Ниже приводится подробное описание каждого типа с характеристикой их дешифровочных признаков (см. прил. III).

Абразионно-осыпной тип берега на скальных и полускальных породах (доломиты, мергели, песчаники) формируется в поле пород нижнего кембрия. Нарушение стабильности склона в результате абразии вызывает гравитационные смещения выветрелых пород (осыпные процессы). Пляж и подводная отмель отсутствуют. Профиль склона обычно имеет прямую форму. Крутизна склона составляет около 45°, высота его от 10—15 до 50 м и более. Дешифрируется этот тип берега по ровной, четкой границе береговой линии, прямой или угловатой конфигурации и отсутствию пляжа и отмели, фототон светло-серый. Структура аэрофотоизображения извилисто-мелкополосчатая или гомогенная.

Абразионно-обвальный тип берега на связных лёссовидных породах формируется в основном в четвертичных отложениях, представленных лёссовидными суглинками и супесями. Наряду с абразией основным процессом, формирующим берег, являются обвалы. Профиль склона чаще вогнутый, иногда вогнуто-выпуклый. Высота берегового уступа от 3 до 10 м. Крутизна склона обычно 70—80° (до 90°). Пляж и подводная отмель, как правило, отсутствуют. Дешифрируется по четкой угловатой конфигурации береговой линии. Фототон от светло-серого до темного. Структура аэрофотоизображения зернистая, иногда мелкопятнистая. Возрастание пятнистости связано с большей закрепленностью берега, зернистость — с обнаженностью, несформированностью растительности и наличием крупных обвальных глыб.

Абразионно-оползневой тип берега на скальных породах (доломиты, песчаники, мергели) приурочен к породам нижнего и верхнего кембрия, перекрытым маломощной толщей рыхлых четвертичных отложений. В результате подрезки основания склона происходит оживление давних и появление свежих оползней. Профиль склона приобретает ступенчатый вид. Высота берегового уступа обычно 5—10, реже до 30 м. Крутизна склона 10—30°. Пляж и подводная отмель отсутствуют. Дешифрируется по волнистой конфигурации береговой линии в сочетании с отсутствием пляжа и прибрежной отмели. Фототон изменяется от светлого у стенок срыва до темно-серого фонового. Структура аэрофотоизображения полосчатая, реже пятнистая или зернистая.

Потенциально-биогеогенный тип берега на связанных лёссовидных породах включает берега относительно мелких заливов, а также берега с пологим уклоном подводной части (3—5°). Профиль склона прямой без существенных перегибов. В подводной части берега наблюдаются процессы аккумуляции с формированием подводной отмели. В плане такие берега имеют неясно выраженную береговую линию, что обусловлено сильной заболоченностью и большим количеством островов и полуостровов вдоль берега. Дешифрируется по чрезвычайно сложной извилистой конфигурации береговой линии, местами с нечеткой границей от суши к воде. Появление островков округлой формы связано с зарастанием побережья гигрофитной растительностью.

Абразионно-карстовый тип берега на полускальных породах (гипсы, ангидриты) имеет небольшое распространение и приурочен к породам верхнего кембрия. Переработка берега идет здесь не только за счет механического воздействия волн, но и путем растворения сульфатных и карбонатных пород. Профиль склона ступенчатый. Высота берегового уступа 3—10, реже до 30 м. Крутизна склона 40—

50°, иногда он отвесный. Подводная отмель и пляж отсутствуют. Разрушение карстовых берегов идет скачкообразно. Дешифрируется по угловатой конфигурации береговой линии, отсутствию пляжа и подводной отмели. Фототон изменяется от светло-серого до серого. Структура аэрофотоизображения мелкозернистая, характерно наличие карстовых форм рельефа в непосредственной близости от береговой линии.

Абразионно-аккумулятивный тип берега на полускальных и связанных породах развивается в породах верхнего кембрия (мергели, глины) и в рыхлых четвертичных отложениях. Особенностью данного типа берега является то, что размываемый в результате абразии материал идет на заполнение межостровных понижений, заливов, на формирование подводной отмели. Характерна извилистость береговой линии. Отвесный береговой уступ подчеркивается темной полоской тени, в то время как поверхность абразионной площадки и пляжа выглядят светлыми. Наличие отмели обуславливает постепенный переход от пляжа к темной поверхности воды.

ГЛАВА 4

ИНДИКАЦИОННОЕ ЗНАЧЕНИЕ ФОРМ ПРОЯВЛЕНИЯ ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ В РАЙОНЕ БРАТСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Формы проявления экзогенных процессов, являющиеся результатом сложного взаимодействия различных факторов природной обстановки, тесно связаны со сферой их протекания и могут рассматриваться как индикаторы общей геоморфологической обстановки, литологического состава пород, тектонических нарушений и в ряде случаев гидрогеологических условий [6, 7, 38, 45].

Индикация общей геоморфологической обстановки. Данный вид индикации целесообразен в тех случаях, когда возникают трудности картирования форм и элементов рельефа в связи с отсутствием у них характерных физиономических черт, а также при диагностике их генезиса. Это очень ярко проявляется в районе Братского водохранилища, где в результате длительно господствующих склоновых процессов (делювиальных и гравитационных) произошло сильное выполаживание рельефа и стирание физиономических черт таких его форм и элементов, как речные террасы, водораздельные склоны. Указанное обстоятельство усугублялось широким развитием абразионно-аккумулятивных процессов, явившихся следствием создания водохранилища, существенно преобразившим ландшафт. Так, например, широкое развитие делювиальных шлейфов, абразионных, оползневых и аккумулятивных процессов полностью сnivelировало выраженность в рельефе тыловых швов террас среднего высотного комплекса р. Ангары, произошла переработка их уступов и площадок. В таких случаях геоморфологический анализ опирается на данные геологических методов: бурения, геофизических и др.

В современной геоморфологии индикационный подход к изучению рельефа основывается на том, что внутреннее строение его, особенности происхождения и развития находят внешнее выражение в строго определенных формах рельефа. Последнее создает возможности индикации внутренних черт строения рельефа посредством их внешнего выражения через формы рельефа.

В качестве индикаторов геоморфологической обстановки нами использовались формы проявления карста и гравитационных процессов.

В районе исследования широко развиты карстовые формы, представленные воронками, западинами и суходолами. В результате проведенной элементаризации аэрофотоизображения карстовых воронок последующей его формализацией в камеральных условиях были выделены следующие признаки, имеющие индикационное значение: форма в плане, характер группировок форм в плане и форма воронок в профиле. По форме в плане воронки и западины, распространенные на побережье Братского водохранилища, подразделяются на округлые, эллипсовидные, подковообразные, грушевидные и сложные. По характеру группировок форм в плане различают: линейно-вытянутые, дугообразные, ступенчатые, взаимно перпендикулярные и хаотичные. По форме в профиле карстовые воронки делятся на симметричные колодцеобразные, симметричные чашеобразные, симметричные блюдцеобразные, асимметричные циркообразные и асимметричные серповидные. Кроме того, плановая и объемная конфигурация карстовых форм в значительной мере определяется углом наклона поверхности.

Изучая характер распространения карстовых воронок на площади в зависимости от их формы в плане и в профиле было установлено, что карстовые воронки, имеющие в плане округлую эллипсовидную, а в профиле симметричную колодцеобразную, симметричную чашеобразную и симметричную блюдцеобразную формы, развиты на пологонаклонных поверхностях с углом наклона последних 3—10°. Воронки, имеющие в плане подковообразную и грушевидную формы, а в профиле асимметричную циркообразную развиты на поверхностях с углом наклона 11—16°. На поверхностях с углом наклона более 16° карстовые воронки не развиваются. Что касается карстовых форм, имеющих в плане сложную форму, то ими являются западины, распространение которых отмечается на поверхностях с углом наклона 3—5° (табл. 1, рис. 3).

Таблица 1

Дифференциация форм карстовых воронок в плане и профиле в зависимости от крутизны склонов

Форма воронок в плане	Форма воронок в профиле	Крутизна склонов, на которых возникают карстовые воронки, %				
		3—5	5—8	8—10	11—13	13—16
Округлая	Симметричная колодцеобразная	+	+	+	—	—
Эллипсовидная	Симметричная чашеобразная	+	+	+	—	—
Подковообразная	Асимметричная циркообразная	—	—	—	+	+
Грушевидная	Асимметричная серповидная	—	—	—	+	+
Сложная	Асимметричная блюдцевидная, слабо выраженная в рельефе	+	+	—	—	—

Надежным индикатором геоморфологических элементов часто является характер группировок карстовых форм в плане. Так, линейно-вытянутая и дугообразно-вытянутая группировки карстовых форм являются индикаторами шовных линий геоморфологических элементов: тыловых швов террас, подножий склонов, тальвегов, эрозионных форм.

Соотношение индикаторов на различных уровнях процесса индикации геоморфологических условий при дешифрировании аэрофотоснимков

Уровень индикации	Индикаторы	Объекты индикации (индикаты)
I	Форма экзогенных процессов в плане, характер группировок форм. Размеры формы в плане (длина, ширина, диаметр, коэффициент вытянутости формы)	Точечные и линейные элементы рельефа; бровочные, тальвеговые, водораздельные, гребневые линии, подножные, вершинные, донные, устьевые точки. Построение каркаса рельефа
II	Комплекс линейных и точечных элементов рельефа (каркас рельефа)	Поверхностные элементы рельефа: вершинные поверхности, площадки террас, донные поверхности, склоны, их профиль, крутизна, на разных участках
III	Комплекс каркасных и поверхностных элементов рельефа	Морфологический тип рельефа (формы рельефа, их сочетание)
IV	Морфологический тип рельефа	Морфогенетический тип рельефа. Генетическая диагностика форм рельефа и их элементов

Приуроченность карстовых форм к тыловым швам террас к подножиям склонов и к днищам эрозионных форм является известной закономерностью и объясняется тем, что вблизи этих геоморфологических элементов происходит разгрузка подземных вод или близкое залегание их к дневной поверхности. Ступенчатая и взаимно перпендикулярная группировки могут указывать на наличие тектонических нарушений, но при этом все воронки должны иметь близкие формы в плане с примерно одинаковым коэффициентом вытянутости (отношение большого диаметра к малому), превышающим единицу. При комплексном использовании вышеописанных признаков нами были определены такие геоморфологические элементы, как тыловые швы террас, площадки террас, их уступы, склоны разной крутизны, что позволило оконтурить

на аэрофотоснимках участки их развития (рис. 4).

Определенное индикационное значение для выделения склонов различной крутизны имеют формы проявления обвально-осыпных и оползневых процессов (рис. 5). Так, обычно осыпи формируются на крутых обрывистых склонах крутизной 35°. Процессы отседания с образованием крупных блоков происходят на склонах крутизной 35—40° и более, сложенных скальными карбонатными породами. Склоны отседания обычно высокие, достигающие 100 м в высоту, круто обрывающиеся в долины падей. Широкое развитие процессов отседания формирует ступенчатый профиль склонов.

В настоящее время эти склоны подвержены активному воздействию абразионных процессов, вызывающих возникновение на них оползней поверхностного типа (сплывы, оплывины).

Рассматриваемый вид индикации геоморфологических условий имеет сложную многоуровневую структуру, включающую в себя систему индикаторов разного порядка (табл. 2).

Индикация геолого-литологических условий и разрывных тектонических нарушений. На территории Братского водохранилища наблюдается четкая связь между литологическим составом карстующихся пород и карстовыми формами. Как уже указывалось, в районе развиты два типа карста: карбонатный и гипс-ангидритовый.

Для карбонатного карста характерно малое разнообразие поверхностных форм его проявления: представленных главным образом воронками и суходолами. Карстовые воронки являются наиболее распространенной поверхностной формой и встречаются чаще по днищам сухих падей, реже по междуречьям и их склонам. Дешифрируются они довольно легко по характерному микрорельефу и пятнистому рисунку. Размеры воронок обычно характеризуются сравнительно небольшой глубиной 2—3 м и диаметром до 20 м; форма воронок в вертикальном сечении конусовидная или блюдцевидная, а в плане округлая. На отдельных участках воронки, сливаясь, образуют вытянутые вдоль склона депрессии, которые часто переходят в рвы проседания. Одной из характернейших особенностей карбонатного карста является широкое распространение суходолов. Почти всюду, где на дневную поверхность выходят карбонатные породы, поверхностные водотоки отсутствуют и

это является надежным индикатором при дешифрировании полей развития карбонатных пород. Так, выделение на аэроснимках сухих долин среди нормальной сети позволяет с довольно большой точностью оконтурить районы развития карбонатных пород.

Гипсовый карст характеризуется большим разнообразием форм проявления. Наряду с вышеописанными карстовыми формами, которые характеризуют карбонатный карст, здесь широко распространены колдцеобразные воронки, карстовые овраги, полуслепые лога, карстовые источники и озера. Карстовые воронки, как и в первом случае, являются наиболее распространенной формой. Здесь наряду с мелкими воронками глубиной 2—5 м и диаметром до 20 м, которые часто образуют целые поля, широко распространены крупные воронки глубиной 10—15 м и диаметром до 100 м. Расположены воронки обычно группами, реже в одиночку. Групповые воронки, как правило, ориентированы в направлении господствующих тектонических трещин [44]. По характеру образования большая часть воронок относится к провальному типу. Глубина воронок в значительной степени определяется мощностью рыхлых отложений, которыми покрыты карстующиеся породы (чем больше мощность рыхлых отложений, тем воронка глубже). По левобережью р. Ангары воронки приурочены главным образом к полосе распространения эрозионно-аккумулятивных террас. Кроме того, они широко развиты по днищам сухих падей, особенно по падам Шалота и Мельхитуй. Суходола, являющиеся характерными формами гипсового карста, также широко распространены в районах развития гипсоносных пород.

Другой характерной формой гипсового карста являются карстовые озера. В районе наших исследований они имеют ограниченное распространение и представлены двумя типами: поверхностными подвешенными озерами и озерами-источниками. Подвешенные озера образовались в результате заполнения заглинизированных карстовых воронок

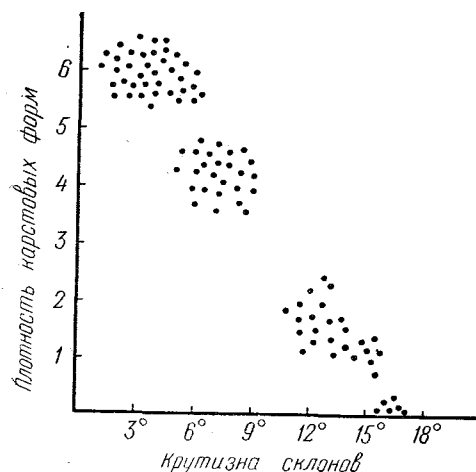


Рис. 3. График зависимости плотности карстовых форм от крутизны склонов

поверхностными водами. Озера-источники образовались в результате выхода вод вдоль трещинно-закарстованных зон.

Все вышеописанные формы проявления карста, как было показано в главе 3, достаточно хорошо дешифрируются на аэрофотоснимках, поэтому их использование в качестве индикаторов литологического состава карстующихся пород не вызывает затруднений.

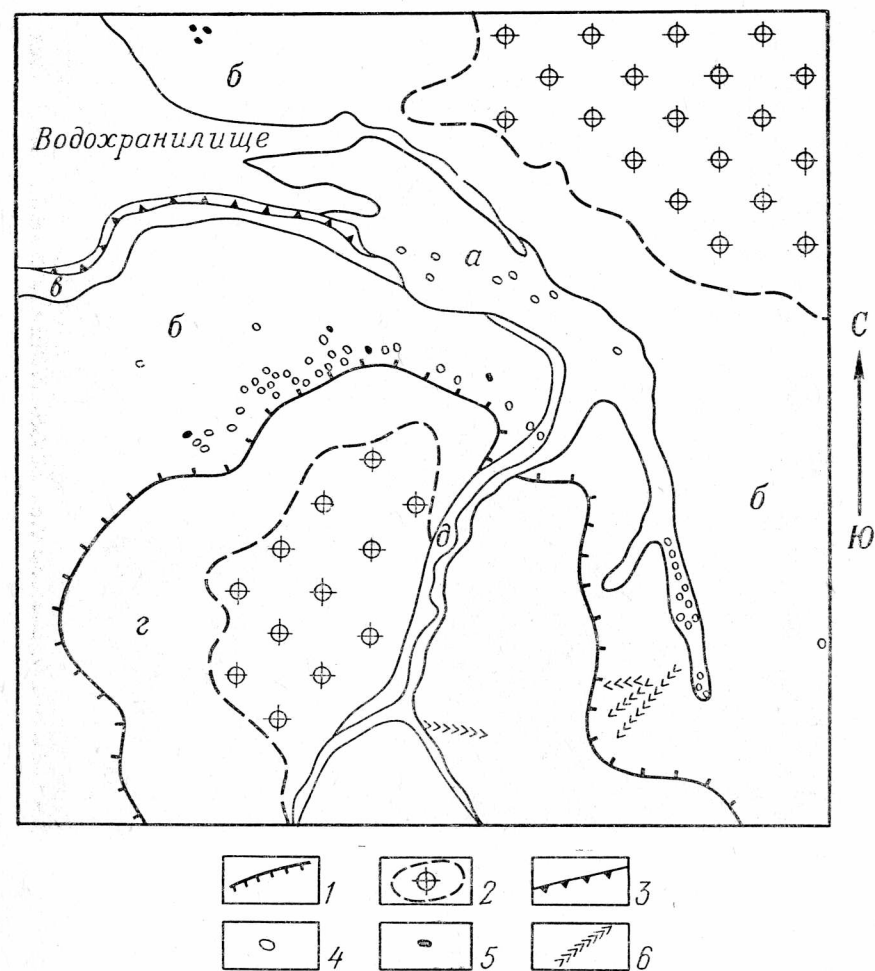


Рис. 4. Индикационная роль карстовых форм при дешифрировании аэро-
a — сильно закарстованные днища падей, сложенные аллювиально-пролювиальными
 тичных (Q_{II}) террас р. Ангары среднего высотного комплекса (50—70 м) с наклоном
 выработанные в четвертичных отложениях; *г* — среднезакарстованные пологие водо
 до 5 м; *д* — слабо закарстованные водораздельные склоны средней крутизны (10—
1 — тыловые швы террас; *2* — площади распространения предполагаемого погребенно
 жие карстовые воронки; *б* — овраги

Большое индикационное значение имеют формы проявления экзогенных процессов при установлении различного типа тектонических нарушений. Вдоль линий разломов, сопровождающихся сильным дроблением пород, обычно активизируется деятельность гравитационных, эрозионных и карстовых процессов. Это способствует развитию характерного линейного расположения форм их проявления. Выявление тектонических нарушений в береговой зоне Братского водохранилища представляет большой интерес, поскольку с ними связана повышенная фильтрация подземных вод, наличие ослабленных зон, а также акти-

визация карста и эрозионных процессов. Поверхностные отложения, перекрывающие коренные породы, затрудняют непосредственное установление линий разломов.

Важным и весьма характерным признаком для их выявления в районе исследований является прямолинейный характер эрозионных форм оврагов, суходолов, падей, русел временных водотоков и долин



снимков (слева — аэрофотоснимок; справа — дешифровочная схема)
 отложениями мощностью более 5 м; *б* — сильно закарстованные поверхности среднетвер-
 2—5°, с мощностью аллювия до 15 м; *в* — незакарстованные крутые (20—30°) склоны террас,
 раздельные склоны (3—10°), покрытые элювиально-делювиальными отложениями мощностью
 20°), покрытые элювиально-делювиальными отложениями мощностью до 3 м
 го карста; *3* — современные абразионные уступы; *4* — древние карстовые воронки; *5* — све-

мелких рек. Общий план расположения линейных форм, четко выделяющихся на аэроснимках среди прочих контуров, дает возможность выявить региональные направления трещиноватости: СЗ 300—320°, СВ 45—60°. Линейно-вытянутые и взаимно перпендикулярные группировки карстовых форм могут также указывать на наличие тектонических нарушений. При этом воронки имеют близкие формы в плане с примерно одинаковым коэффициентом вытянутости, превышающим единицу (рис. 6). Так, например, цепь карстовых воронок, протягивающаяся в районе междуречья падей Мельхитуйской и Хадаханской с юго-запа-

да на северо-восток, насчитывающая 17 воронок одного возраста, является индикатором тектонического нарушения.

Индикация гидрогеологических условий. Общеизвестно, что интенсивность и направленность карста в значительной степени определяется гидрогеологическими условиями. В карстующихся толщах пород, слагающих береговую полосу водохранилищ, выделяются три основные вертикальные гидродинамические зоны: зона аэрации, характеризую-

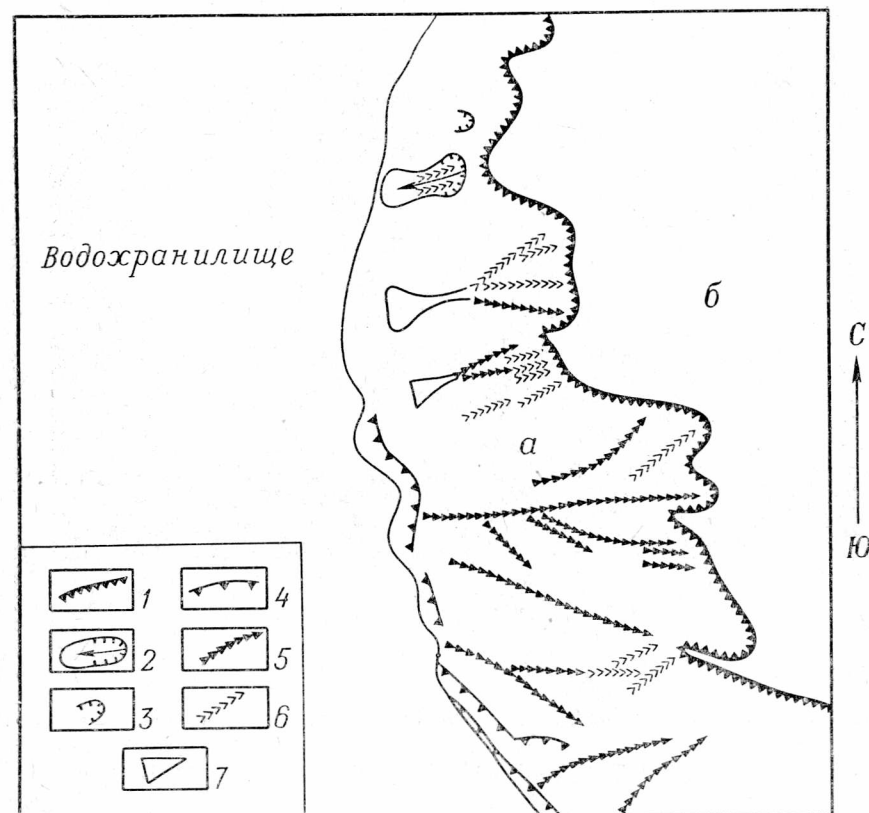


Рис. 5. Индикационное значение пространственной конфигурации оползне аэрофотоснимок; справа —

a — крутые (25—35°) коренные склоны, покрытые делювиальными отложениями мощные структурные водораздельные поверхности с практическим отсутствием развития
1 — эрозионно-оползневые цирки; 2 — давние оползни в рыхлых отложениях; 3 — свежие овраги;

щаяся преобладанием вертикального движения инфильтрационных вод, зона сезонного колебания уровня трещинно-карстовых вод, мощность которой определяется величиной сработки водохранилища, и зона постоянного насыщения, верхняя граница которой у берега будет совпадать с уровнем вод в водохранилище в период его сработки. «Клин», включающий зону сезонного колебания уровня трещинно-карстовых вод и верхнюю часть зоны постоянного насыщения, представляет наибольший интерес в том отношении, что именно в его пределах влияние водохранилища вызывает интенсификацию карстового процесса. До создания водохранилища породы, слагающие этот «клин», лишь периодически подвергались выщелачиванию, так как они располагались в пределах зоны сезонного колебания уровня трещинно-карстовых вод и в нижней части зоны аэрации. После создания водохранилища породы оказались под воздействием подземных вод, дренируемых им [26].

Анализ распределения карстовых форм в зависимости от геолого-литологических комплексов пород показал, что свежие карстовые формы в большинстве своем приурочены к площадям глинисто-мергелистых загипсованных пород верхоленской свиты верхнего кембрия, прочнее к полосе шириной около 5 км вдоль береговой линии. Возникновение вытянутых вдоль береговой линии интенсивно закарстованных полос, видимо, связано с приуроченностью их к вышеописанному «клину»,



вых и эрозионных форм при дешифрировании аэрофотоснимков (слева — дешифровочная схема)

ностью до 5 м с интенсивным развитием эрозионно-оползневых процессов; *б* — плоснеблагоприятных экзогенных процессов
жие оползни в рыхлых отложениях; 4 — абразивные уступы; 5 — давние овраги; 6 — 7 — конусы выноса

расположенному в пределах нижней части зоны сезонного колебания уровня трещинно-карстовых вод и верхней части зоны их постоянного насыщения. Подземные воды на этих участках обладают возросшей агрессивностью, что влечет за собой активизацию карста.

На площадях с развитием сульфатно-карбонатных пород активизировались полустатухшие карстовые процессы, что выразилось в обновлении давних воронок. Последнее обстоятельство обусловлено ежегодной сработкой воды в водохранилище. Свежие карстовые формы отмечаются нами в незначительном количестве.

Активизация карста имеет локальный характер, что связано, по-видимому, с приуроченностью ее к зонам повышенной тектонической трещиноватости, по которым происходит циркуляция слабоминерализованных вод. Данное обстоятельство обусловило непостоянную ширину полосы активизации карста, варьирующую от 2 до 7 км.

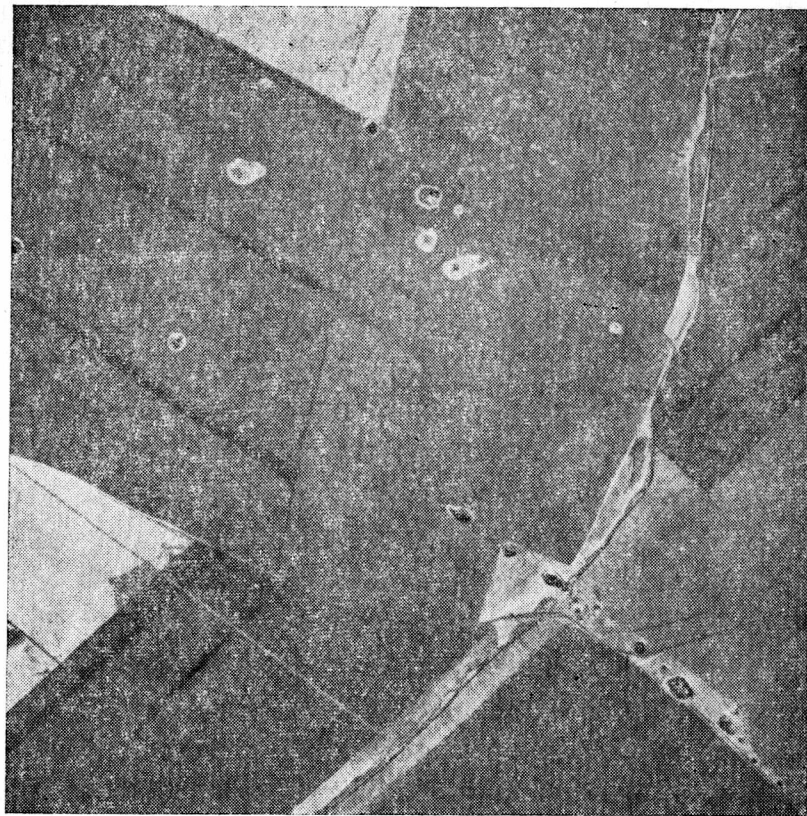


Рис. 6. Индикационное значение пространственной конфигурации карстовых форм в береговой полосе южной части Братского водохранилища. 1 — овальная карстовая воронка; 2 — грушевидная карстовая воронка; 3 — предпола II надпойменной террасы крутизной 4—6°; 4 — площадка III надпойменной террасы

Таким образом, по наличию свежих или обновлению давних карстовых форм в береговой полосе южной части Братского водохранилища удастся установить ширину зоны интенсивного влияния водохранилища на карстовые процессы, связанную с изменением гидрогеологической обстановки.

ГЛАВА 5.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ И РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ЮЖНОЙ ЧАСТИ БРАТСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА ПО ИНТЕНСИВНОСТИ И АКТИВНОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Применение аэроландшафтного метода при инженерно-геологическом картировании и районировании предъявляет к последним определенные требования, согласно которым карты, составленные на основе этого метода, должны содержать следующую информацию:

1) типы и все формы проявления экзогенных процессов, выраженные в современном рельефе;

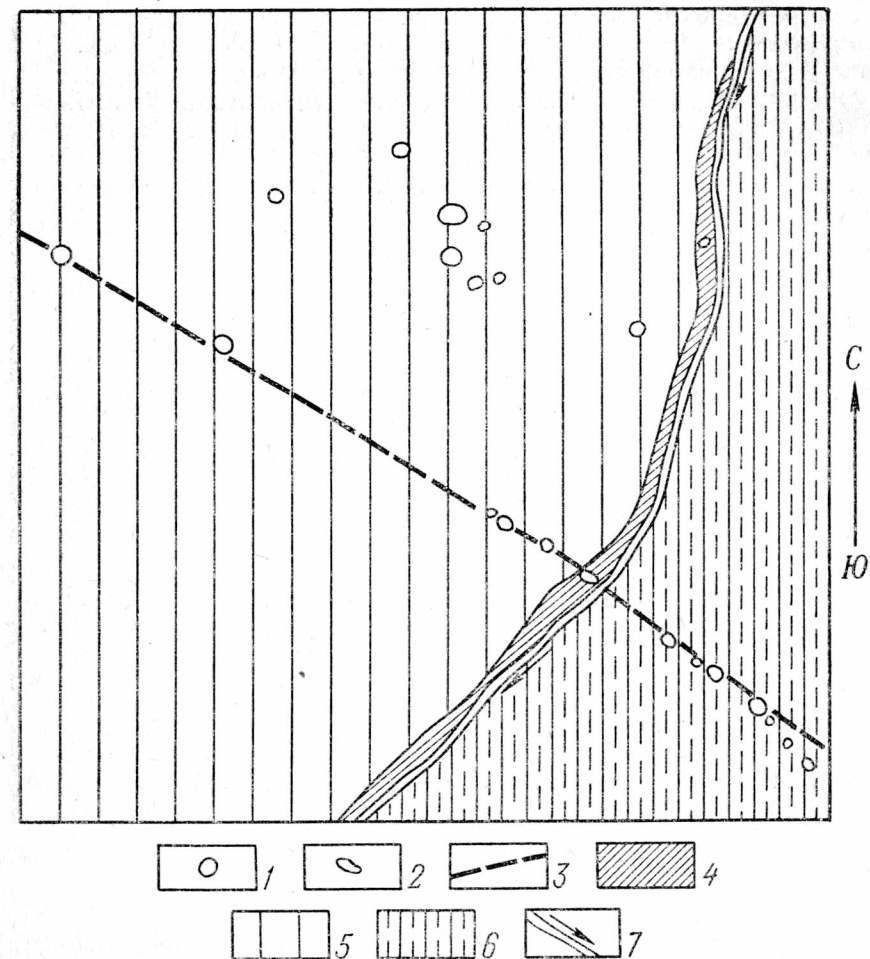


Рис. 7. Индикационное значение пространственной конфигурации карстовых форм при дешифрировании тектонических нарушений (слева — аэродешифровочная схема; справа — тектоническая схема). 1 — овальная карстовая воронка; 2 — грушевидная карстовая воронка; 3 — предпола II надпойменной террасы крутизной 4—6°; 4 — площадка III надпойменной террасы крутизной 11—16°; 5 — площадка IV надпойменной террасы крутизной 4—6°; 6 — площадка V надпойменной террасы крутизной 4—6°; 7 — долина пади

2) отражение компонентов ландшафта и инженерно-геологических условий, определяющих наличие экзогенных процессов и тенденцию их развития, а также факторов, способствующих их развитию;

3) данные о стадиях развития экзогенных процессов и их динамике, позволяющие определить эволюционный цикл развития процесса и стадию его современного состояния;

4) количественную оценку современной интенсивности и активности проявления экзогенных процессов;

5) инженерно-геологическое районирование территории по интенсивности проявления экзогенных процессов с элементами прогноза. Способы выявления экзогенных процессов, их интенсивности и направленности были достаточно подробно освещены в предыдущих главах, в настоящем разделе необходимо более подробно остановиться на вопросах инженерно-геологического районирования.

Предлагаемое нами регионально-типологическое районирование территории исследований основано на анализе как факторов, формирующих сферу протекания экзогенных процессов (геолого-геоморфологических), так и факторов, формирующих сферу воздействий (антропогенных). Схема основана на выделении областей, районов, подрайонов и участков с учетом ряда признаков: геоморфологического, геолого-лито-

логического, антропогенного и интенсивности проявления ведущих экзогенных процессов.

Основой для подобного районирования послужили аэрофотоснимки, а также картографические и литературные материалы. Применение материалов аэрофотосъемки при инженерно-геологическом районировании было осуществлено лишь в отношении областей, подрайонов и участков (табл. 3). В связи с тем, что на территории наших исследований

Таблица 3

Возможности применения дешифрирования материалов аэрофотосъемки при инженерно-геологическом районировании территории южной части Братского водохранилища

Таксономические единицы районирования	Физиономические элементы ландшафта, определяющие характер аэрофотоизображения	Оптимальные масштабы аэрофотосъемки, необходимые для достоверного дешифрирования
Области	Морфогенетический тип рельефа, характерные мезоформы рельефа, их морфография и морфометрия, современные рельефообразующие процессы, характер гидрографической сети	1 : 25 000—1 : 50 000
Районы	Выявление геолого-генетических комплексов пород на основе ландшафтных индикаторов	1 : 15 000—1 : 25 000
Подрайоны	Характер распределения форм проявления экзогенных процессов по площади, степень их активизации и динамика	1 : 10 000—1 : 15 000
Участки	Мезо- и микроформы рельефа и их элементы, их морфографические и морфометрические характеристики. Количественные показатели пораженности форм и элементов рельефа экзогенными процессами	1 : 10 000—1 : 25 000

ранее производилось инженерно-геологическое районирование, основанное на выделении районов по геолого-литологическому признаку как высшей таксономической единицы районирования, и существуют литературные и картографические работы по данному вопросу, то в нашей схеме районы выделялись на основании обобщения этих материалов. Однако на основе дешифрирования геолого-генетических комплексов пород возможно и выявление инженерно-геологических районов.

Детальное изучение аэрофотосхем и накидных монтажей аэрофотоснимков позволило очень четко оконтурить площадь каждой области. О принадлежности оконтуренной площади к той или иной таксономической единице районирования позволяет судить комплекс физиономических компонентов ландшафта и дешифровочных признаков, разработанных нами для каждого типа выделенных областей, подрайонов и участков. Это дало возможность произвести эталонирование аэрофотоснимков, что значительно облегчило дальнейшую работу по районированию территории (см. приложение I, II, III).

Общие особенности геологического строения территории исследований определили развитие двух генетически и морфографически разнородных типов рельефа, что легло в основу выделения следующих областей (табл. 4), которые в свою очередь подразделяются на районы и подрайоны (табл. 4). При определении степени активизации экзогенных процессов (подрайонов) предлагается использовать количественные показатели (плотность свежих форм, коэффициент пораженности и качественные признаки распределения форм проявления процессов — табл. 5).

Таблица 4
Схема инженерно-геологического районирования южной части Братского водохранилища по интенсивности проявления экзогенных процессов

Область и его индекс	Район и его индекс	Подрайон и его индекс	Типологический участок и его индекс
Эрозионно-денудационного холмистого и грядового, умеренно расчлененного рельефа с абсолютными высотными отметками 420—530 м—А	Сульфатно-карбонатных пород ангарской свиты нижнего кембрия — I	Сильной активизации карстовых и оползневых процессов — 1	Днища падей с сильной закарстованностью — а
		Слабой активизации карстовых и оползневых процессов — 2	Поверхности цокольных среднечетвертичных террас р. Ангары среднего высотного комплекса (50—70 м), с наклоном 2—5°, с сильной закарстованностью — б
	Мергелисто-глинистых загипсованных пород верхней кембрия — II	Сильной активизации карстово-эрозионных процессов — 3	Пологие водораздельные склоны (2—10°), расчлененные выложенными безводными балками со средней закарстованностью — в
		Слабой активизации карстово-эрозионных процессов — 4	Водораздельные склоны средней крутизны (10—20°), слабо закарстованные — 2 Незакарстованные крутые (20—30°) водораздельные склоны — д Полого-холмистые водоразделы с ничтожной закарстованностью — ж
Структурно-денудационного платообразного, сильно расчлененного рельефа с абсолютными высотными отметками 730—850 м—Б	Песчано-глинистых пород верхнего кембрия — III	Сильной активизации эрозионно-оползневых процессов — 5	Крутые (20—45°) водораздельные склоны с интенсивным развитием эрозионных и оползневых процессов — л
		Слабой активизации эрозионно-оползневых процессов — 6	Водораздельные склоны средней крутизны (10—20°) со слабым развитием эрозионных и оползневых процессов — к
	Песчано-глинистых пород юрского возраста — IV	Естественного развития экзогенных процессов — 7	Плоские структурно-денудационные поверхности на водоразделах с практическим отсутствием развития современных экзогенных процессов — м

На следующем этапе районирования, при выделении типологических участков (см. табл. 4), определяют интенсивность проявления экзогенных процессов, что возможно на основе проведения количественной оценки.

Степень закарстованности различных элементов рельефа определяется путем подсчета количества карстовых форм и соотношения их с площадями распространения этих элементов рельефа, т. е. получают

Таблица 5

Классификационные критерии для определения степени активизации экзогенных процессов

Степень активизации экзогенных процессов	Плотность свежих форм проявления экзогенных процессов	Характер распространения свежих форм на территории
Сильная	0,1—1	Линейно-вытянутые группировки с хаотичным распределением форм, группировки с геометрически правильным расположением форм. Одноточные, имеющие унаследованный характер развития
Слабая	0,01—0,1	Одиночные формы с разреженным характером распространения
Естественное развитие экзогенных процессов	0,01	Отсутствие свежих форм

данные о количестве карстовых форм и их плотности. Данные о количестве свежих карстовых форм, возникших за период с момента заполнения водохранилища до настоящего времени, позволяют судить об устойчивости закарстованных территорий.

Анализ связи развития современных экзогенных процессов с геоморфологическими условиями и количественная оценка закарстованности территории исследований позволили выделить типологические участки с различной интенсивностью развития ведущих экзогенных процессов и различной устойчивостью закарстованных территорий (табл. 6).

Таблица 6

Количественная оценка закарстованности территории

Районы	Оценка закарстованности			Площадь участков, км ²	Плотность карстовых форм на 1 км ²	Оценка устойчивости закарстованных территорий (по Г. А. Максимовичу, 1963)	
	Степень закарстованности	Количество карстовых форм				Класс устойчивости	Количество воронок, возникающих за год на 1 км ²
свежих		обновляющихся	общее				
Сильной закарстованности	1	2	30	5,2	6	Весьма неустойчивые	1—10
	53	14	270	107,6	2,5	Не устойчивые	0,1—1
Средней закарстованности	3	—	55	117,6	0,44	Слабо устойчивые	0,01—0,1
Слабой закарстованности	2	—	16	95,5	0,1	Устойчивые	До 0,01
Ничтожной закарстованности	1	—	2	15,7	0,01		

Следует отметить характерную приуроченность карстовых форм к тыловым швам террас, к местам перегибов на склонах, к тальвегам эрозионных форм. Гравитационные процессы большей частью приурочены к современным береговым уступам водохранилища, возникшим в результате переработки поверхностей террас абразионно-аккумулятивными процессами. Активизация экзогенных процессов носит унаследованный характер. Свежие формы обычно приурочены к участкам, пораженным молодыми и давними формами.

В соответствии с общими требованиями, перечисленными в начале этой главы, нами были составлены две специальные карты, названные специальными потому, что составлены из трех основных частей: общей инженерно-геологической (геоморфологической) основы, инженерно-геологических (геоморфологических) данных и районирования территорий. Одна из этих карт — это карта современного состояния развития экзогенных процессов среднего масштаба (прилож. IV), другая — детальная аналитическая инженерно-геоморфологическая карта (прилож. V).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Опыт применения аэроландшафтного метода при инженерно-геологических исследованиях берегов Братского водохранилища свидетельствует о его больших возможностях при изучении экзогенных процессов. Он позволяет получить объективную информацию о их современном состоянии на территории исследований, изучить факторы, определяющие развитие процессов и способствующие их интенсификации и активизации, выявить стадии их развития и динамику. Полученные в результате аэроландшафтных исследований данные являются основой для составления специальных карт развития экзогенных процессов разного масштаба и назначения. Применение материалов аэрофотосъемки при картировании обеспечивает точность и достоверность информации, а также создает возможность использования количественных приемов в оценке интенсивности и активности экзогенных процессов и районирования территории по степени их влияния на природную среду.

Использование аэроландшафтного метода повышает экономическую эффективность исследований за счет сокращения сроков работ и уменьшения их стоимости. Расчет экономической эффективности, проведенный в лаборатории экономики ВСЕГИНГЕО, показывает, что применение аэроландшафтного метода при специальном инженерно-геологическом картировании береговых зон водохранилищ снижает стоимость исследований на 36% при съемках масштаба 1 : 100 000 и на 24% при съемках масштаба 1 : 25 000. При этом производительность труда увеличивается более чем в два раза.

Аэроландшафтный метод с успехом может быть использован для оценки динамики ландшафтов берегов других водохранилищ в различных регионах СССР. Представляется целесообразным проведение повторного периодического изучения экзогенных процессов в различные периоды эксплуатации водохранилищ, что даст возможность получить более точную количественную информацию о их динамике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альтер С. П. Ландшафтный метод дешифрирования аэрофотоснимков. М.—Л., «Наука», 1958, 88 с.
2. Альтер С. П. О методах дешифрирования, дешифровочных признаках и основных этапах дешифровочного процесса, — «Изв. Всесоюз. географ. об-ва», 1967, вып. 4, с. 283—290.
3. Бондарик Г. К., Комаров И. С., Ферронский В. И. Полевые методы инженерно-геологических исследований. М., «Недра», 1967, 372 с.
4. Братское водохранилище. Колл. авторов. М., Изд-во АН СССР, 1963, 275 с.
5. Брюханов В. Н. Опыт районирования территории СССР по геологической дешифрируемости и условиям аэрофотосъемки для геологических целей. Автореф. канд. дисс. М., 1967, 28 с.
6. Викторов С. В. Использование индикационных географических исследований в инженерной геологии. М., «Недра», 1966, 120 с.
7. Викторов С. В. Индикация природных процессов. — В кн.: Теоретические вопросы фитоиндикации. М., «Наука», 1971, с. 156—161.
8. Викторов С. В., Илюшина М. Т., Кузьмина И. В. Эколого-генетические ряды растительных сообществ как индикаторы природных процессов. — «Экология», 1970, № 6, с. 3—8.
9. Виноградов Б. В. Растительные индикаторы и их использование при изучении природных ресурсов. М., «Высшая школа», 1964, 328 с.
10. Воскресенский С. С. Геоморфология Сибири. Изд-во МГУ, 1962, 352 с.
11. Высоцкий Б. Л. Аэрофотометод при геологических исследованиях. М., Госгеолгиздат, 1962, 83 с.
12. Гвоздецкий Н. А. Карст. М., Географгиз, 1954, 352 с.
13. Гвоздецкий Н. А., Чалая И. П. Индикация горных пород по рисунку гидрографической сети. Труды МОИП, 1970, т. 30, с. 119—126.
14. Гудакян К. А., Кюнтцель В. В., Шеко А. И. Задачи, принципы и методы прогноза экзогенных геологических и инженерно-геологических процессов. — В кн.: Труды ВСЕГИНГЕО МГ СССР, вып. 35. М., 1971, с. 4—11.
15. Елисеев Ю. Б., Ревзон А. Л. Закономерности развития современных геологических процессов на территории Зейско-Удской депрессии. В кн.: Труды ВСЕГИНГЕО МГ СССР, вып. 39. М., 1971, с. 25—33.
16. Емельянова Е. П. Основные закономерности оползневых процессов. М., «Недра», 1972, 309 с.
17. Золотарев А. Г. Геоморфология. — В кн.: Геология СССР, т. XVII. Иркутская обл. М., Госгеолтехиздат, 1962, с. 425—445.
18. Изучение физико-геологических процессов на побережьях и берегах водохранилищ по аэроснимкам. Л., «Наука», 1967, 238 с. Авт.: А. И. Баранова, Е. Н. Кудряцева, Э. К. Радченко и др.
19. Илюшина М. Т. Применение прогнозной индикации при изучении эволюции некоторых пустынных ландшафтов. — «Труды Моск. об-ва исп. природы», т. 36. М., 1970, с. 40—48.
20. Кудрицкий Д. М., Попов И. В., Романова Е. А. Основы гидрографического дешифрирования аэроснимков. Л., Гидрометеоздат, 1956, 344 с.
21. Максимович Г. А. Основы карстоведения, т. 1, Пермь, 1963, 444 с.
22. Методы ускоренного инженерно-геологического картирования. ОНТИ ВИЭМС, сер. «Гидрогеология и инженерная геология», № 2. М., 1966, 105 с. Авт.: В. М. Валях, И. С. Комаров, В. Ф. Рубахин, А. В. Садов.
23. Несветайлова Н. Г., Садов А. В. Понятие дешифровочных признаков и содержание процесса инженерно-геологического дешифрирования фотоснимков. — В кн.: «Сб. научн. трудов ЦНИИСа». М., 1970, 25 с.
24. Несветайлова Н. Г., Садов А. В. Место ландшафтно-индикационных исследований при специальном дешифрировании аэрофотоснимков. — «Труды МОИП», т. 36. М., «Наука», 1970, с. 26—31.
25. Номоконов Л. И. Некоторые характерные особенности растительного покрова Иркутско-Балаганской лесостепи. — «Изв. СО АН СССР», 1961, № 9, с. 92—95.
26. Опыт и методика изучения гидрогеологических и инженерно-геологических условий крупных водохранилищ. Изд-во МГУ, 1961, 360 с.
27. Опыт применения аэроландшафтных методов при изучении современных экзогенных процессов в зоне влияния Братского водохранилища. — В кн.: Труды

ВСЕГИНГЕО МГ СССР, вып. 58. М., 1973, с. 17—33. Авт.: Ю. М. Жильцов, А. Л. Ревзон, А. В. Садов, Ф. Н. Чалидзе.

28. Павлов О. В., Вологодский Г. В., Лещиков Ф. Н. Инженерно-геологические особенности Приангарского промышленного района и их значения для строительства. М., «Наука», 1965, 145 с.

29. Пармузин Ю. П. Вопросы карстования Сибири. — «Изв. Всесоюз. географ. об-ва», т. 86, 1954, № 1, с. 34—50.

30. Пармузин Ю. П. Ландшафтообразующее значение карста Сибири. — «Учен. зап. МГУ, География», 1954, вып. 70, с. 7—38.

31. Райзер П. Я. Некоторые вопросы общей теории дешифрирования аэрофотоснимков. — «Изв. высш. учеб. завед., сер. «Геодезия и аэрофотосъемка», М., 1958, вып. 6, с. 85—93.

32. Сабуров Д. И. Растительность как индикатор геоморфологических процессов в ландшафте карстовой равнины. — В кн.: Теоретические вопросы фитоиндикации. Л., 1971, с. 86—91.

33. Сабуров Д. И., Багрова З. А. Динамика растительности ландшафта прикрытого карста в Пинежском районе Архангельской области. — «Бот. журнал», 1968, 53, № 3, с. 338—344.

34. Садов А. В. Современное состояние и перспективы использования аэроландшафтных методов при инженерно-геологических исследованиях. — В кн.: Материалы юбилейных чтений ВСЕГИНГЕО, посвященных 100-летию со дня рождения В. И. Ленина. М., 1970, с. 78—88 (Труды ВСЕГИНГЕО МГ СССР).

35. Садов А. В., Ревзон А. Л., Сискевич Л. З. Применение аэрометодов при инженерно-геологическом районировании и количественной оценке интенсивности развития геодинамических процессов в Чирчик-Ангренском районе Узбекской ССР. — В кн.: Труды ВСЕГИНГЕО МГ СССР, вып. 51, М., 1972, с. 73—84.

36. Соколов Н. И. О соотношении карста и явления отседания склонов. — В кн.: Общие вопросы карстования. М., Изд-во АН СССР, 1962, с. 70—78.

37. Смирнов Л. Е. Теоретические основы и методы географического дешифрирования аэроснимков. Изд-во ЛГУ, 1967, 213 с.

38. Спиридонов А. И. Физиономические черты рельефа как показатель его происхождения и развития. — Труды Моск. об-ва испыт. природы», т. 36, 1970, с. 92—104.

39. Толчельников Ю. С. О некоторых терминах, применяемых в литературе по дешифрированию аэрофотоснимков. — «Докл. Ин-та географии Сибири и Дальнего Востока». Иркутск, 1966, № 11, с. 39—45.

40. Турманина В. И. Опыт изучения взаимодействия растительности с оползневыми процессами. — В кн.: Мат-лы совещания по вопросам изучения оползней и мер борьбы с ними. Киев, 1964, с. 204—207.

41. Чалидзе Ф. Н. О возможности индикации относительного возраста четвертичных отложений по стадиям сукцессий растительности. — В кн.: Теоретические вопросы фитоиндикации. Л., «Наука», 1971, с. 97—105.

42. Чалидзе Ф. Н. Отражение динамики ландшафта древней и современной дельты Сыр-Дарьи в растительном покрове и на аэрофотоснимках. — В кн.: Труды ВСЕГИНГЕО МГ СССР, вып. 51, М., 1972, с. 42—60.

43. Чарушин Г. В. Естественные рвы Восточной Сибири. — «Изв. АН СССР, сер. географ.», 1968, № 3, с. 95—104.

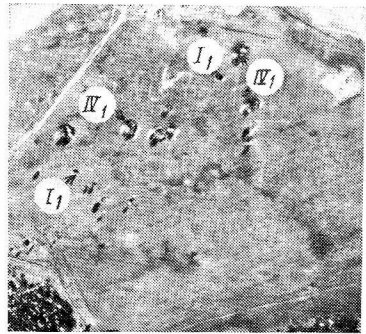
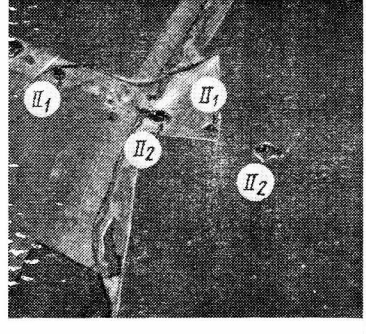
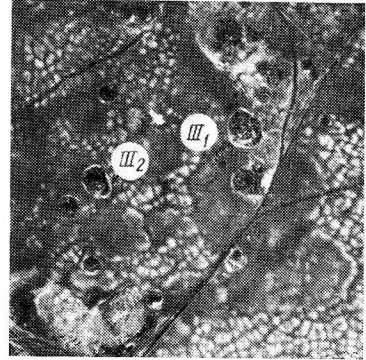
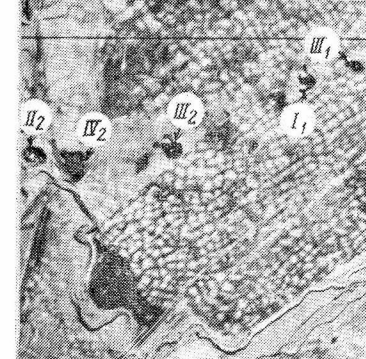
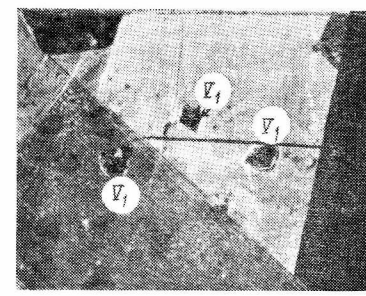
44. Чарушин Г. В., Вологодский Г. П. К выяснению роли трещиноватости в развитии карста Южного Приангарья. — В кн.: Труды Вост.-Сиб. фил. АН СССР, вып. 15. Иркутск, 1958, с. 151—157.

45. Чикишев А. Г. Ландшафтно-индикационные исследования карста. — «Труды Моск. об-ва испыт. природы», 1970, т. 36, с. 58—75.


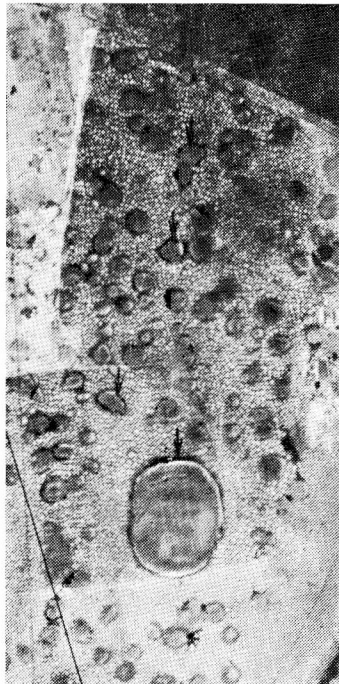
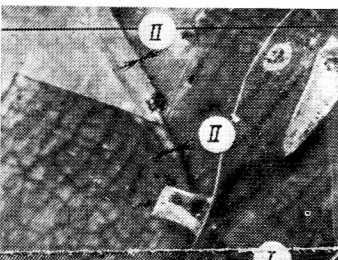

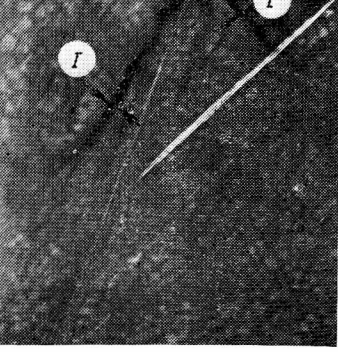

ОГЛАВЛЕНИЕ

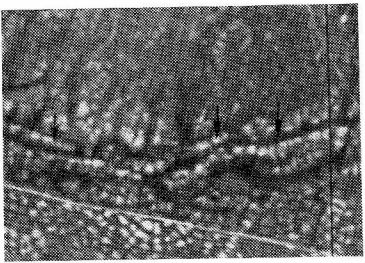
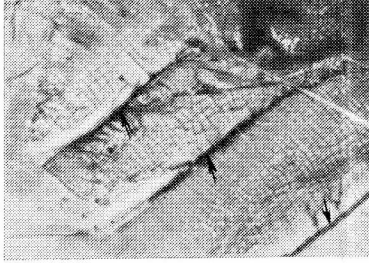
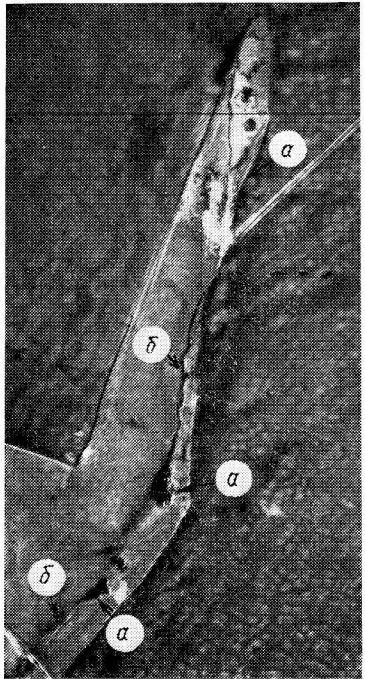
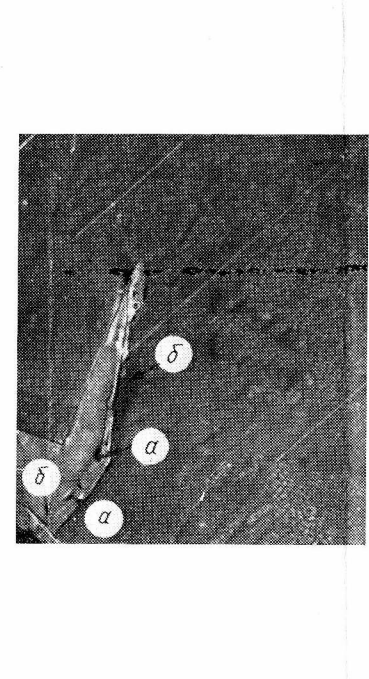
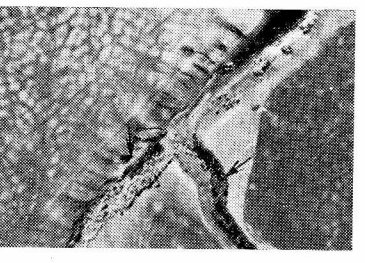

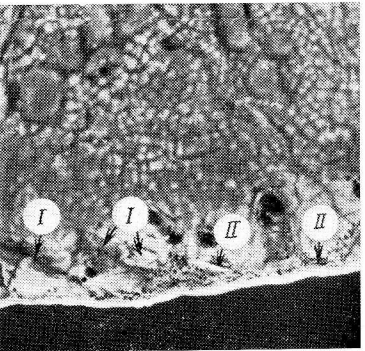
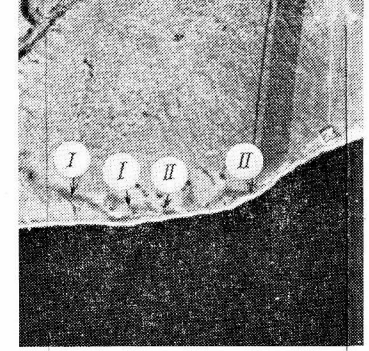
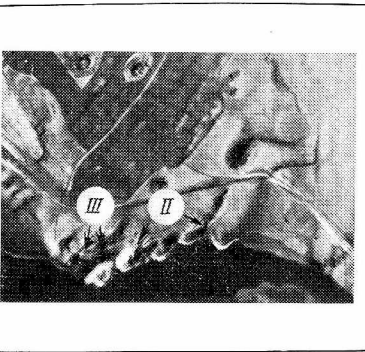
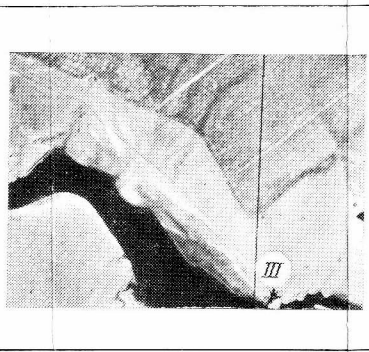

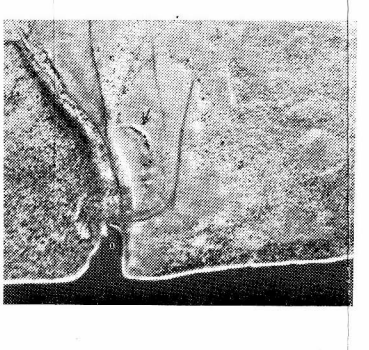


Введение	3
Глава 1. Теоретико-методическая основа изучения экзогенных процессов аэроландшафтным методом. А. В. Садов	5
Общие понятия об аэроландшафтном методе	5
Положение экзогенных процессов в ландшафтной системе	5
Дешифровочные признаки, ландшафтные индикаторы и дешифровочные факторы	7
Основные направления в дешифрировании экзогенных процессов	10
Структура дешифровочного процесса	11
Дешифрирование экзогенных процессов и количественная оценка их интенсивности и активности	13
Глава 2. Компоненты природной обстановки и их роль в развитии экзогенных процессов в зоне влияния Братского водохранилища Ф. И. Чалидзе	14
Краткая характеристика компонентов ландшафта сферы протекания процессов	14
Краткая характеристика компонентов ландшафта сферы воздействия	20
Глава 3. Опыт применения аэроландшафтного метода при изучении экзогенных процессов в районе Братского водохранилища. Ф. Н. Чалидзе, А. В. Садов при участии А. Л. Ревзона	22
Карст и связанные с ним процессы	22
Оползни и рвы отседания	25
Эрозионные процессы	28
Процессы переработки берегов	29
Глава 4. Индикационное значение форм проявления экзогенных процессов при инженерно-геологических исследованиях в районе Братского водохранилища. А. Л. Ревзон	32
Индикация общей геоморфологической обстановки	32
Индикация геолого-литологических условий и разрывных тектонических нарушений	34
Индикация гидрогеологических условий	38
Глава 5. Инженерно-геологическое картирование и районирование территории южной части Братского водохранилища по интенсивности и активности проявления экзогенных процессов. А. Л. Ревзон, А. В. Садов при участии Ф. Н. Чалидзе	40
Заключение	46
Список литературы	47
Приложения	
I. Ландшафтно-индикационная дешифровочная таблица современных экзогенных процессов (на четырех листах)	
II. Ландшафтно-индикационная таблица направления развития берегов	
III. Ландшафтно-индикационная дешифровочная таблица типов берегов	
IV. Фрагмент карты современного состояния развития экзогенных процессов на территории водохранилища. Составили: Ю. М. Жильцов, А. Л. Ревзон, А. В. Садов, Ф. Н. Чалидзе, 1972 г.	
V. Фрагмент детальной инженерно-геоморфологической карты территории водохранилища. Составили: А. Л. Ревзон, А. В. Садов, Ф. Н. Чалидзе, 1972 г.	

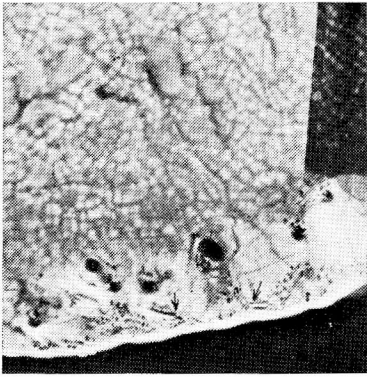
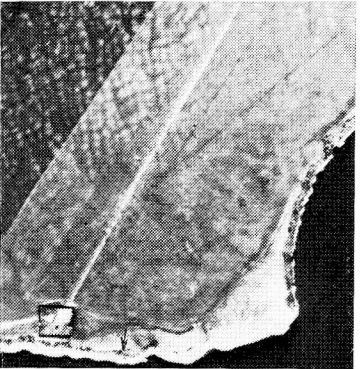
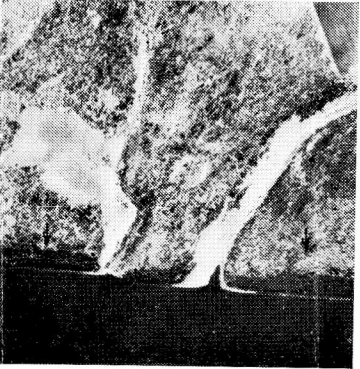
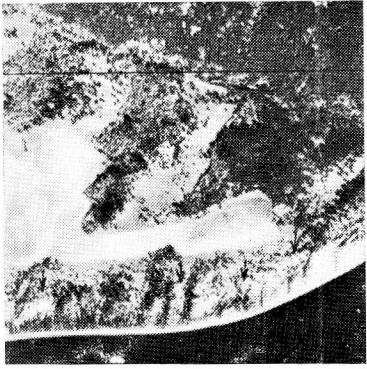
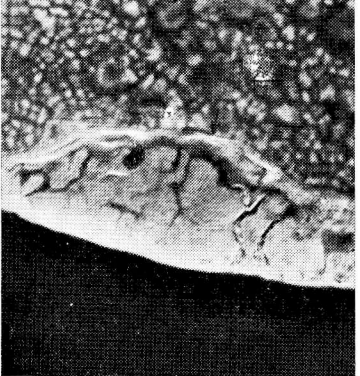
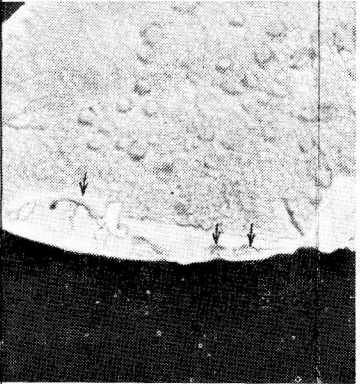
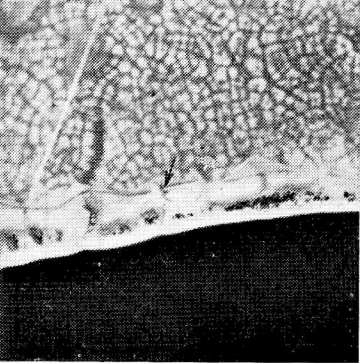
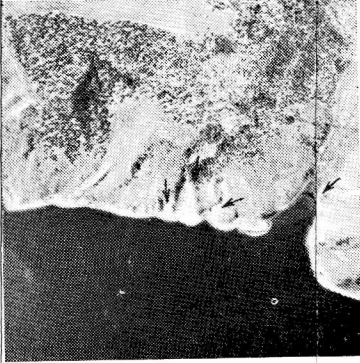
ЛАНДШАФТНО-ИНДИКАЦИОННАЯ ДЕШИФРОВОЧНАЯ ТАБЛИЦА СОВРЕМЕННЫХ ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Группа процессов	Тип процесса	Формы проявления	Стадии развития	Ландшафтно-генетические ряды*	Типичное аэрофотоизображение		Ландшафтные индикаторы				Дешифровочные признаки					
					м-бе 1 : 10 000	м-бе 1 : 25 000	Геоморфологические	Почвенно-геоботанические	Форма	Размер		Фототон	Характер границы	Структура аэрофотоизображения		
										1 : 10 000	1 : 25 000					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
Связанная с деятельностью подземных и поверхностных вод	Карстовый	Воронки современные			I	1		Цилиндрический колодец с отвесными стенками и плоским или слегка вогнутым дном	Стенки колодца лишены растительности и почвенного покрова; на днище иногда единичные экземпляры мезофильного крупнотравья и кустарников	Округлая	до 1 мм	< 1 мм	Освещенной части — белый, теневой — черный, резко контрастный	Резкая цельная	В пределах теневой и освещенной частей — гомогенная	
						2	Асимметричный колодец с вогнутым дном, в плане округлый или эллипсоидный, вытянутый по направлению падения склона	Округлая или эллипсоидная		до 1 мм	< 1 мм					
					II	1		Конусовидная воронка, округлая в плане, с более крутыми склонами теневых экспозиций, чем освещенных	Сообщества черемухи мертвopoкpовные	Округлая	до 4 мм	до 1,5 мм	Темно-серый	Резкая мелкогородчатая	Зернистая	
						2	Резко асимметричная циркообразная воронка, в плане грушевидная, вытянутая по направлению падения склона	Грушевидная		3—5 мм	1,5—2 мм					
					III		1		Симметричная чашеобразная воронка, округлая в плане	Основную площадь занимают сообщества черемухи. По верхней бровке цирка — единично береза; при заболачивании центральной части днища — группировки гигрофитов	Округлая	5—7 мм	2—3 мм	Различный в разных поясах, от светлого до черного	Резкая, на склонах освещенных экспозиций — цельная, на склонах теневых экспозиций — гребенчатая	Концентрически-поясная; в пределах отдельных поясов от гомогенной до зернистой
									2		Циркообразная асимметричная воронка	Неправильно-округлая	5—8 мм			
					IV		1		Слабовогнутая блюдцевидная западина, в плане неправильно-округлая	Сообщества мезофильного крупнотравья с участием кустарников (черемуха, ива, боярышник). В случае заболачивания в самой пониженной части воронки пересыхающее болотце с группировками гигрофитов	Неправильно-округлая	7—10 мм	3—4 мм	Различный в разных поясах от светлого-серого до черного	Местами расплывчатая, цельная или гребенчатая	В целом неяснопятнистая, выделяется неполный наружный пояс с иной (звездчатой) зернистой структурой
									2		Асимметричная блюдцевидная западина, в профиле близкая к террасовидному уступу, с четко выраженной бровкой	Неправильно-округлая	7—10 мм			
					V		1		Едва заметная в рельефе западина, в плане сложной формы	Сообщества мезофильного крупнотравья с участием кустарников	Сложная, неправильная	до 1,5 см	до 5—6 мм	Темно-серый	Расплывчатая, извилистая	Неясно-пятнистая
									2		Едва заметное понижение на склоне, в плане сложной формы	Сложная, неправильная	до 1,5 см			

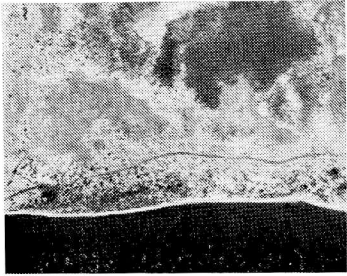
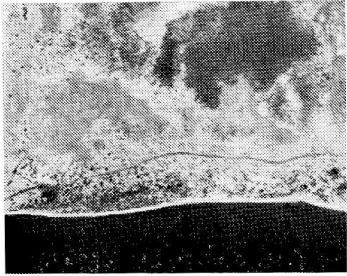


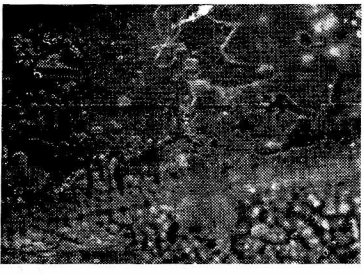

* Ландшафтно-генетические ряды карстовых воронок: 1) — пологонаклонных поверхностей (до 10°); 2) — на склонах средней крутизны (10—16°).

Группа процессов	Тип процессов	Формы проявления	Стадии развития	Типичное аэрофотоизображение		Ландшафтные индикаторы		Дешифровочные признаки								
				м-б 1 : 10 000	м-б 1 : 25 000	Геоморфологические	Почвенно-геоботанические	Форма	Размер		Фототон	Характер границ	Структура аэрофотоизображений			
									м-б 1 : 10 000	м-б 1 : 25 000				10	11	12
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
Связанные с действием подземных и поверхностных вод				Карстовый	Воронки погребенные			В рельефе не выражены	Повышенное увлажнение почвы в весеннее время на вспаханных участках; на местности не обнаруживаются	Округлая или эллипсовидная	От 0,5 до 4 см	От 0,2 до 1,5 см	Серый, темно-серый	Слегка расплывчатая, но хорошо заметная	Гомогенная или неясно-пятнистая. По краям пятна оконтурены более темными и более светлыми ободками	
						I Намечающиеся			В рельефе не выражены	Обнаруживаются лишь на свежей пахоте при наблюдении с самолета в виде более темных полос за счет повышенного увлажнения почвы	Прямолинейная, вытянутая в виде прямых иногда пересекающихся линий	Длина до 5—7 см, ширина 3—5 мм	Длина до 3—4 см, ширина 2—3 мм	Более темный по сравнению с окружающим фоном	Постепенная	Гомогенная
Связанные с действием подземных и поверхностных вод				Карстовый	Рвы проседания	II Молодые			Канавообразные углубления спрямленные, вытянутые иногда на несколько км. Располагаются на пологонаклонных поверхностях водоразделов. Борты выположенные. Водотоки на днище отсутствуют, иногда цепочкой вдоль рва карстовые воронки	Повышенное увлажнение и гумусированность почвы на вспаханных участках. На целине полосы мезофильной растительности, контрастной по сравнению с фоновой степной. В карстовых воронках, встречающихся в пределах рвов проседания, растительность, характерная для последних (см. выше)	Прямолинейная, вытянутая. Иногда четковидная, если к рвам проседания приурочены карстовые воронки	"	"	Более темный по сравнению с фоном	Постепенная	Гомогенная или неясно-пятнистая, иногда с более четко очерченными пятнами зернистой или поясной структуры на месте карстовых воронок

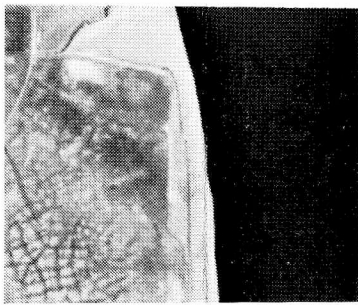
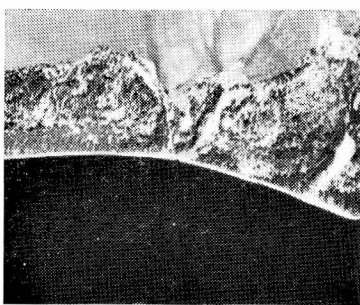
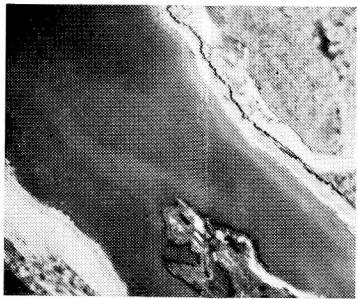
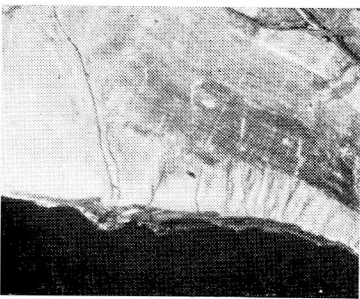
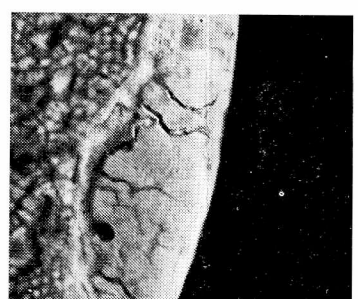
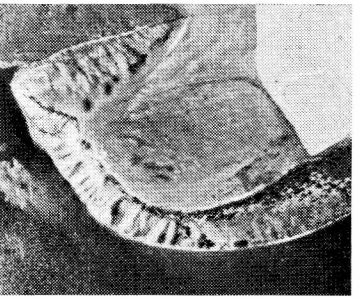
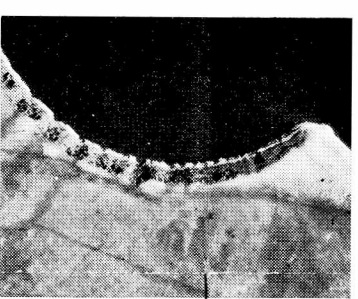
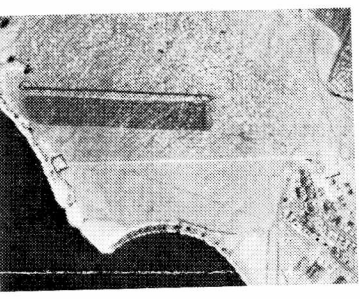
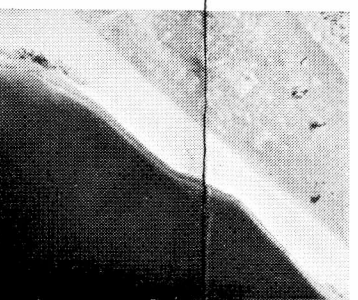
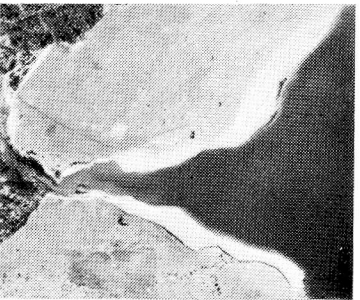
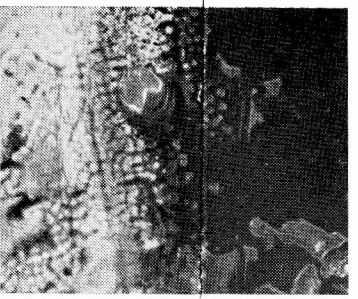
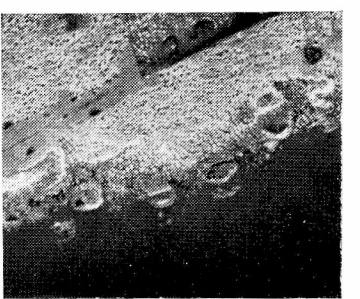
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Связанная с действием поверхностных и подземных вод	Карстово-эрозивный	Русла сухолодов	I Намечающиеся			В рельефе не выражены	Повышенное увлажнение и гумусированность почв на вспаханных участках обуславливают их более темную окраску. На целине заметны реже, отличаются более мезофильной растительностью, чем фоновая	Дендритовидно-разветвленная, иногда спрямленная	Длина до 10—15 см, ширина 3—4 мм	Длина до 5—7 см, ширина 2—3 мм	Более темный по сравнению с фоном, чаще темно-серый	Постепенная размытыми	Гомогенная	
			II Молодые			Спрямленная или изломанная цепь карстовых воронок (а), как правило вытянутой формы, соединенных потяжинами или промоинами (б) в систему единого водотока, частично подземного	В пределах карстовых воронок растительность характеризует стадию их развития (см. выше), начиная от пионерных группировок кустарников и крупнотравья и кончая сложными поясными комплексами растительности. Для эрозивных потяжин и промоин, соединяющих воронки, характерны сообщества мезофильного крупнотравья	Четковидная, представляющая сочетание темных вытянутых пятен, соединенных спрямленными полосами	То же	То же	Как правило, более темный по сравнению с фоном	В пределах четковидных расширений — резкая, в пределах соединяющих полос — размытая, реже — четкая		
			III Сформированные			Спрямленные или более или менее извилистые русло с довольно крутыми бортами и U-образным профилем	Чаще всего густые заросли древесно-кустарниковой растительности (черемуховые, ивовые, с участием боярышника, яблони Палласа, шиповника и мезофильного крупнотравья)	Спрямленные или более или менее извилистые, иногда дендритовидно-разветвленные	Длина до 20—30 см, ширина до 1 см	Длина до 10—15 см, ширина до 3—4 мм	Более темный по сравнению с фоном	Резкая, четкая, мелкогородчатая или цельная	Зернистая, на отдельных участках гомогенная	
Гравитационная	Оползневой	Рвы отседания	I Намечающиеся			Едва заметные в рельефе ложбины, спрямленные или с характерными изломами продольных очертаний. Иногда в рельефе не выражаются	Сообщества мезофильного крупнотравья и мелких кустарников (шиповника, спиреи, кизильника)	Прямолинейная или изломанная	Длина 0,5—2 см	Длина 2—3 мм	Более темный по сравнению с фоном	Размытая	Гомогенная, реже прерывистая мелкопятнистая	
			II Свежие			Рвы, спрямленные или с характерными коленчатыми изломами, с U-образным асимметричным профилем и крутыми бортами	Почвенный покров и растительность отсутствует, за исключением отдельных экземпляров (чистотел, паслен и др.)	Прямолинейная или коленчато-изломанная	То же	То же	Освещенной стенки — почти белый, теневой и днища — черный	Резкая, цельная	Гомогенная или четковидно-прерывистая	
			III Молодые			Рвы, спрямленные, полукруглые или извилистые с U-образным асимметричным профилем, с более высокими бортами обращенными к верхней части склона, чем к нижней	Сообщества кустарников (черемуховые, ивовые, боярышниковые с участием яблони Палласа, шиповника, спиреи) и мезофильного крупнотравья	Прямолинейная, полукруглая или слегка извилистая	" "	" "	Темносерый до черного	Резкая, мелкогородчатая	Мелкозернистая	
			IV Давние			Ложбины или уступы, в плане спрямленных или полукруглых очертаний, с корытообразным асимметричным профилем, пологими бортами и сплюснутыми бровками	Фрагменты лесных сообществ (березовых, лиственных, сосновых) с кустарниками и крупнотравьем в нижних ярусах	Линейная или полукруглая	При групповом расположении длина цепочек до 10 см	При групповом расположении длина цепочек до 5—7 см	Серый, темносерый	В залесенной части — резкая мелкогородчатая, в безлесной — размытая	Залесенных участков — зернистая, безлесных — гомогенная	

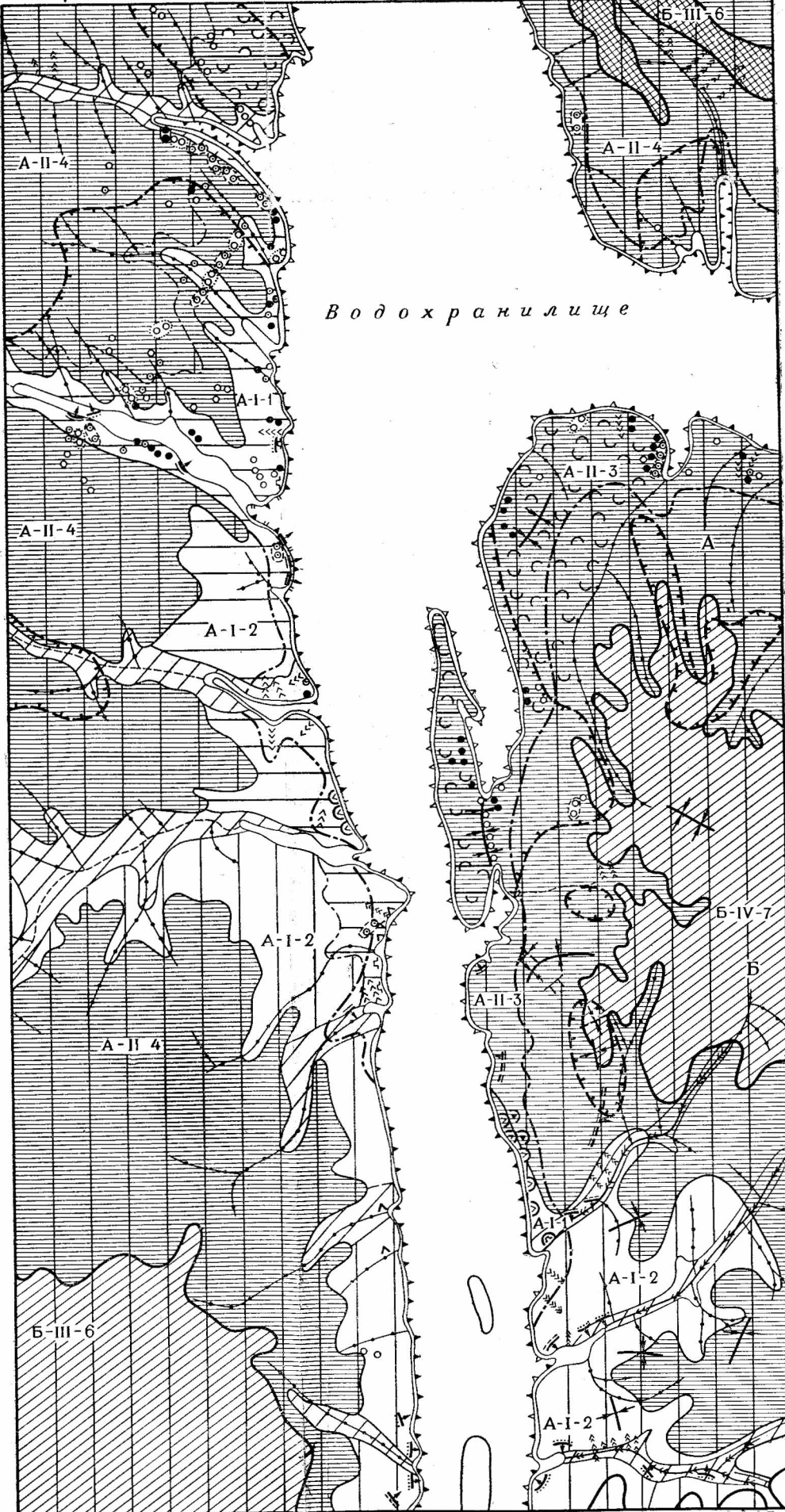
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Гравитационная Оползневой	Оползни — блоки	Фронтальные	I Свежие			В плане резких угловатых очертаний, фронтально вытянутые по склону иногда до 200—300 м. Четко выражена стенка срыва выс. 2—3 м. Оползневые тела представляют собой серию резко очерченных ступеней, часто запрокинутых. Ступени разбиты трещинами, параллельными бровке склона	Стенки срыва лишены растительного и почвенного покрова или с отдельными экземплярами пионеров обнаженных грунтов (чистотел, паслен, рудеральные виды, донники). Поверхности ступеней имеют фрагменты растительности, существовавшей на ненарушенном склоне	Вытянутая фронтально по склону, с угловатыми очертаниями	Длина до 5 мм, ширина ступеней <1 мм		Стенки срыва — белый, поверхностей ступеней — серый и темно-серый	Резкая	Узко-полосчатая, штриховатая
			II Молодые		Фронтально вытянутая по склону, более гладких очертаний, чем в предыдущем случае. Сохраняются стенки срыва и оползневые ступени, но их очертания в профиле более выположенные, чем в предыдущем случае. Трещины оползневых ступеней заплывшие	На стенках срыва — группировки мелких кустарников (кизильник, шиповник, спирея) и кустарникового крупнотравья. Поверхности ступеней имеют сформированную растительность, характерную для данного склона	Вытянутая фронтально по склону с более или менее извилистыми очертаниями		Серый, более светлый по сравнению с фоном	Заметная	Неясно-полосчатая или пятнистая		
			III Давные		Фронтально вытянутая по склону. Стенка срыва и оползневые ступени сглаженные, неясно выраженные	Крупнотравная, кустарниковая или лесная растительность, мало различающаяся в пределах стенок срыва и оползневых ступеней	Вытянутая фронтально по склону со сглаженными очертаниями	Длина до 2—3 см, ширина от 1 до 3 мм	Мало отличается от фонового	Размытая	Неясно-пятнистая, неясно-полосчатая, или зернистая в зависимости от распределения растительности		
			III Давные			В плане циркообразная. Морфологические элементы выположены. Оползневое тело выражено в виде плавно переходящих друг в друга слабо заметных в рельефе ступеней, расчлененных молодыми оврагами. Поверхность этих ступеней разрушается иногда карстовыми процессами (воронки, западины, рвы проседания)	Под стенкой срыва полоса более мезофильной растительности, чем фоновая, за счет разгрузки подземных вод. Растительность поверхности оползневых ступеней мало отличается от фоновой	Циркообразная, полулунная	Длина до 5 см, ширина до 2—2,5 см	Длина до 2—3 см, ширина до 1—1,5 см	Под стенкой срыва более темный, чем фон; также отличаются более темным тоном формы проявления современных процессов на теле оползня	Заметная	Сложная с дендритовидным рисунком оврагов, ломаной сетью рвов проседания и пятнами карстовых воронок и западин
Оползни — срывы и оплывины	Свежие				Углубления на крутых склонах, в плане различной формы (грушевидной, подковообразной, треугольной, неправильной), в случае группового расположения — фестончатой. Смещением захватываются поверхностные отложения глубиной до 2—3 м. Сместившиеся массы у подножий склонов отсутствуют	Почвенный и растительный покров отсутствует: иногда отдельные экземпляры пионеров обнаженных грунтов (чистотел, паслен, донники, рудеральные виды)	Неправильная, грушевидная подковообразная, треугольная при групповом расположении — фестончатая	2—3 мм, редко больше	Белый, резко контрастный с фоном	Резкая, реже несколько размытая	Гомогенная		

ЛАНДШАФТНО-ИНДИКАЦИОННАЯ ДЕШИФРОВОЧНАЯ ТАБЛИЦА НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ БЕРЕГОВ

Направление развития берегов	Типичное аэрофотоизображение		Ландшафтные индикаторы		Дешифровочные признаки
	м-б 1 : 10 000	м-б 1 : 25 000	Геоморфологические	Геоботанические	
Абразионное			Береговая линия выражена четко. Конфигурация береговой линии прямая или тупо-угловатая, реже мягковолнистая. Береговой уступ хорошо выраженный, высотой от 3 до 50 метров. пляж и отмель отсутствуют. Абразионная площадка иногда выражена, шириной не более 2 метров	Береговой уступ и абразионная площадка лишены растительности или с единичными экземплярами пионеров. На глинистых и суглинистых грунтах это сорные мари, полыни; на супесчаных и песчаных — вейники, самосев ивы и др.; на скальных — чистотел, паслен и др.	Дешифрируется по спрямленной или мягковолнистой конфигурации береговой линии, отсутствию прибрежной отмели. Узкая абразионная терраска выглядит на снимке белой полоской, четко отграниченной как от берегового склона, так и от воды, и резко с ними контрастирующей
Абразионно-аккумулятивное			Береговая линия выражена четко. Конфигурация береговой линии волнистая, угловатая, реже спрямленная. Береговой уступ хорошо выраженный, высотой 0-3 м. Наряду с наличием абразионной площадки имеется пляж и береговая отмель, в результате чего профиль склона ступенчатый	Как абразионная площадка, так и пляж почти лишены растительности, за исключением отдельных экземпляров пионеров обнаженных грунтов. Чаще всего ими оказываются сорные и полусорные виды. Гигрофиты и гидрофиты в пределах отмели отсутствуют	Характерна угловатость и извилистость береговой линии. Отвесные уступы от берегового склона к абразионной площадке и от нее к пляжу подчеркиваются темной полоской тени, в то время как поверхность абразионной площадки и пляжа выглядит белой, резко контрастной по сравнению с ненарушенным берегом и водой. Наличие отмели обуславливает постепенный размытый переход от пляжа к темной поверхности воды
Аккумулятивное			Береговая линия неясно выраженная, сложная, извилистая, с множеством мелких островков, полуостровков и заливчиков. Береговой уступ отсутствует, пляж и отмель местами имеются, но выражены неясно. Профиль склона очень пологий, крутизна его менее 10°	Характер растительности обусловлен подтоплением берега. Подъем грунтовых вод привел к гибели прежней растительности, в то же время сообщества гидрофитов и гигрофитов еще не сформировались из-за отсутствия зачатков последних. Преобладают бурьянистые сорняки — полыни, мари, гречишки, крестоцветные. Из гигрофитов начинают появляться ситники и осоки	Дешифрируются по чрезвычайно сложной и извилистой конфигурации береговой линии, местами с нечеткой границей от суши к воде

ЛАНДШАФТНО-ИНДИКАЦИОННАЯ ДЕШИФРОВОЧНАЯ ТАБЛИЦА ТИПОВ БЕРЕГОВ

№ п/п	Тип переработки берега	Типичное аэрофотоизображение		Ландшафтные индикаторы		Дешифровочные признаки
		м-б 1 : 10 000	м-б 1 : 25 000	Геоморфологические	Геоботанические	
I	Абразионно-осыпной на скальных и полускальных породах (доломиты, песчаники)			Конфигурация береговой линии прямая или угловатая. Профиль склона прямой с хорошо выраженным береговым уступом высотой 10—50 м и более. Крутизна склона 45°. Пляж и отмель отсутствуют	Отсутствие почвенно-растительного покрова. Изредка встречаются группировки пионеров-петрофитов	Дешифрируются по ровной, четкой границе береговой линии и отсутствию пляжа и отмели. Фототон светло-серый. Структура аэрофотоизображения чаще извилисто-полосчатая или мелкоточечная, реже гомогенная. (Полосчатость связана с большей интенсивностью процессов выветривания и появлением пионерных группировок, а гомогенность — с равномерной обнаженностью породы)
II	Абразионно-обвальный на связных лессовидных породах с включением обломочного материала (лессовидные супеси, суглинки)			Конфигурация береговой линии угловатая, иногда волнистая. Профиль склона вогнуто-выпуклый или вогнутый. Береговой уступ высотой 3—10 м. Крутизна склона 45°. Пляж и отмель отсутствуют	Группировки пионерного крупнотравья — лебеда, марь, полыни на суглинках и злаково-кустарниковые группировки на супесях (ива — вейник)	Дешифрируется по угловатой конфигурации береговой линии. Пляж и подводная отмель чаще отсутствуют. Фототон от светло-серого до темного. Структура аэрофотоизображения зернистая, иногда мелкопятнистая. Возрастные пятнистости связаны с большей закрепленностью берега, мелкая зернистость — с обнаженностью и несформированностью
III	Абразионно-оползневой на скальных и полускальных породах (доломиты, песчаники, мергели, алевролиты)			Конфигурация береговой линии волнистая. Профиль склона ступенчатый, иногда вогнуто-выпуклый с береговым уступом высотой 3—10 м. Крутизна склона 15°—30°. Пляж и отмели отсутствуют	Сообщества петрофитного разнотравья. На стенках срыва — сухолюбивые кустарники (кизильник и др.)	Дешифрируется по мягковолнистой конфигурации береговой линии, а также отсутствию пляжа и прибрежной отмели. Фототон от светлого у стенок срыва до темно-серого фоновго. Структура аэрофотоизображения чаще полосчатая, реже неясно-пятнистая или зернистая. Преобладание темно-серых участков, связанных с большей закрепленностью поверхности пород
IV	Абразионно-карстовый на полускальных породах (гипсы, ангидриты)			Конфигурация береговой линии угловатая, иногда прямая. Профиль склона чаще ступенчатый, иногда прямой с береговым уступом 3—10 м. Крутизна склона 60°—80°. Пляж и отмель отсутствуют	Пионерные группировки гипсофильного разнотравья	Дешифрируется по угловатой конфигурации береговой линии. Часто отсутствие пляжа и подводной отмели. Фототон от светло-серого до серого. Структура аэрофотоизображения мелкозернистая
V	Абразионно-аккумулятивный на полускальных со связными породами (алевролиты, аргиллиты, лессовидные супеси, суглинки)			Конфигурация береговой линии волнистая, иногда угловатая, реже спрямленная. Профиль склона чаще ступенчатый с береговым уступом 0—3 м. Наряду с наличием абразионной площадки имеется пляж и береговая отмель	Растительность почти отсутствует (редкие сорняки и пионеры)	Характерна извилистость береговой линии. Отвесный береговой уступ подчеркивается темной полоской тени, в то время как поверхность абразионной площадки и пляжа выглядят светлыми. Наличие отмели обуславливает постепенный размытый переход от пляжа к темной поверхности воды
VI	Потенциально-биогенный на связных лессовидных (лессовидные супеси, суглинки)			Береговая линия неясновыраженная, сложная извилистая, с множеством мелких островков, полуостровков и заливчиков. Береговой уступ отсутствует. Профиль склона очень пологий. Крутизна его 10°. Пляж и отмель местами имеются, но выражены неявно	Комплекс бурьянистого крупнотравья и редких пятен группировок гигрофитов	Дешифрируется по чрезвычайно сложной извилистой конфигурации береговой линии, местами с нечеткой границей от суши к воде. Появление островков округлой и овальной формы связано с зарастанием побережья гигрофитной растительностью



ПРИЛОЖЕНИЕ IV.

Геолого-генетические комплексы и инженерно-геологические группы пород										Экзогенные геологические процессы и формы их проявления				Районирование берегов								
Структурный этап	Тектонические условия	Формация	Генезис формаций	Состав комплексов пород	Геологический индекс	Инженерно-геологические группы пород								Группа процессов	Тип процессов	Форма проявления	Относительный возраст		Условные обозначения форм	Условные обозначения	Тип берега	Условные обозначения
						Скальные и полускальные	Полускальные со связными (пластичн.)	Полускальные с несвязными	Полускальные с несвязными и связными	Обломочные со связными	Связные, лессы-выщелоченные доломитных	Связные, лессы-связные с песчаными	Связные лессы-связные				Свежие	Молодые				
четвертичный	платформа	Поверхностных отложений	Континентальный	Лессовидные суглинки, супеси	арI _Q IV									Связанные с деятельностью вод	Карстовый	Воронки	Свежие	●	○	Абразионное	Осыпной	▲
				Пески лессовидные супесь, галька	аI _Q III-III								Молодые				○	○	Обвальная			
				Лессовидные супеси, суглинки с включением обломочного материала	dI _Q III-IV								участки древнего погребенного карста (предположительно)					○				
				Лессовидные суглинки, супеси с включением обломочного материала	eI _d Q _{III-IV}												Рвы проседания	Намечающиеся	X			
Песчаники, алевролиты, угли, галечники	J								Молодые	X		Оползневой										
Мезо-кайнозойский	платформа	Терригенная	Континентальный	Алевролиты, аргиллиты, пески, мергели, песчаники	Є ₃ ^{VI,2-3}									Связанные с деятельностью вод	Карстово-эрозивный	Русла сухоходов			Абразионно-аккумулятивное	Осыпной	▲	
				Гилс, мергели, загипсованные аргиллиты	Є ₃ ^{VI,1}							Долнины падений						Карстовый				
				Доломиты, мергели, песчаники	Є ₁ ^{ang}								Свежие									
Нынешне-палеозойский	платформа	Терригенно-карбонатная	Прибрежный	Гилс, мергели, загипсованные аргиллиты	Є ₃ ^{VI,1}								Связанные с деятельностью вод	Оползневой	Рвы отседания	Свежие		Абразионно-аккумулятивное	Осыпной	▲		
				Доломиты, мергели, песчаники	Є ₁ ^{ang}							Молодые									Оползневой	
Нынешне-палеозойский	платформа	Солончатая	Прибрежный	Гилс, мергели, загипсованные аргиллиты	Є ₃ ^{VI,1}								Связанные с деятельностью вод	Оползневой	Оползневой	Свежие	┌	┐	Абразионно-аккумулятивное	Осыпной		▲
				Доломиты, мергели, песчаники	Є ₁ ^{ang}							Молодые						Абразионно-аккумулятивное				
Нынешне-палеозойский	платформа	Карбонатная	Морской	Доломиты, мергели, песчаники	Є ₁ ^{ang}								Связанные с деятельностью вод	Оползневой	Оползневой	Свежие	┌		┐	Абразионно-аккумулятивное	Осыпной	▲
				Доломиты, мергели, песчаники	Є ₁ ^{ang}							Молодые						Абразионно-аккумулятивное				

Таблица инженерно-геологического районирования

Области	Индекс области	Районы	Индекс района	Подрайоны	Индекс подрайона	Границы таксономических единиц районирования
Эрозионно-денудационного, холмисто-убалистого и грядового умеренно расчлененного рельефа с абсолютными высотными отметками 420-530 м с развитием карстовых, эрозионных и гравитационных процессов	А	Сульфатно-карбонатных пород ангарской свиты нижнего кембрия (Є ₃ ^{ang}) с преимущественным развитием карбонатного карста	I	Сильной активизации карстовых и оползневых процессов	1	областей
				Слабой активизации карстово-эрозионных процессов	2	
		Мергелисто-глинистых загипсованных пород верхоянской свиты верхнего кембрия (Є ₃ ^{VI}) с преимущественным развитием гипсового карста и карстово-эрозионных процессов	II	Сильной активизации карстово-эрозионных процессов	3	районов
				Слабой активизации карстово-эрозионных процессов	4	
Структурно-денудационного платообразного сильно-расчлененного рельефа с абсолютными высотными отметками 730-850 м с развитием эрозионных и гравитационных процессов	Б	Песчано-глинистых пород верхнего кембрия (Є ₃) с преимущественным развитием эрозионно-оползневых процессов	III	Сильной активизации эрозионно-оползневых процессов	5	районов
				Слабой активизации эрозионно-оползневых процессов	6	
		Песчано-глинистых пород юрского возраста (J) с развитием эрозионных процессов	IV	Естественного развития экзогенных процессов	7	подрайонов

ФРАГМЕНТ КАРТЫ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ РАЗВИТИЯ ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ТЕРРИТОРИИ ВОДОХРАНИЛИЩА.
Составили: Ю. М. Жильцов, А. Л. Ревзон, А. В. Садов, Ф. Н. Чалидзе, 1972 г.

