

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

Кафедра кадастра недвижимости, землеустройства и геодезии

**Технологии сбора пространственных данных
аэрокосмическими методами для формирования ГИС**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к проведению лабораторных работ
для студентов, обучающихся по направлению подготовки:

05.04.03 Картография и геоинформатика
(программа: Геоинформационное моделирование)
всех форм обучения

Воронеж 2025

Составители: ст. преп. В. А. Костылев, ассистент А.И. Плукчи

**Технологии сбора пространственных данных
аэрокосмическими методами для формирования ГИС:**

методические указания к проведению лабораторных работ для студентов, обучающихся по направлению подготовки: 05.04.03 Картография и геоинформатика (программа: Геоинформационное моделирование) всех форм обучения/ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: В. А. Костылев, А.И. Плукчи – Воронеж.

Приводится последовательность выполнению лабораторных работ по всем разделам курса «Технологии сбора пространственных данных аэрокосмическими методами для формирования ГИС». Раскрываются соответствующие теоретические положения, порядок проведения фотограмметрических работ, способы обработки результатов.

Методические указания составлены в соответствии с государственными, рабочими программами.

Методические указания подготовлены в электронном виде и содержатся в файле МУ_ТСПДАМдФГИС.

**Рецензент – Т. Б. Хахулина, канд. техн. наук, доцент кафедры кадастра
недвижимости, землеустройства и геодезии ВГТУ**

*Издается по решению редакционно-издательского совета
Воронежского государственного технического университета*

С о д е р ж а н и е

КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

Введение	4
Состояние проблемы изучения динамики природных процессов и объектов, обзор литературы	5
Основные понятия	7
Характеристика материалов аэрофотосъемки, используемых при анализе динамики	10
Методика анализа динамики природных процессов и объектов по материалам многократных аэрофотосъемок	11
Методика анализа динамики природных процессов и объектов по материалам однократной аэрофотосъемки	13
Дешифровочные признаки динамики некоторых природных процессов и объектов на аэроснимках	14
Комплекс дешифровочных признаков динамики природных условий	24
Использование информации о динамике природных процессов и объектов	25
Изучение новейших структурных элементов	25
Аэрокосмический мониторинг	25
Экологические исследования	29
Составление карт и схем динамики природных условий	29

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	33
--	----

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ	34
---------------------	----

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	35
-------------------	----

ПРИЛОЖЕНИЯ	37
------------	----

Введение

Космические методы — это методы изучения структуры и развития географической среды по материалам космической съемки, полученным с помощью регистрации отраженного сол-нечного и искусственного света и собственного излучения Земли с космических летательных ап-паратов. В основе географических исследований с помощью космических методов лежит теория оптических свойств природной среды, обусловленных взаимодействием солнечного излучения с географической оболочкой.

В данных указаниях подробно рассмотрен процесс дешифрирования как источника формирования ГИС.

Дешифрирование снимков основано на использовании корреляционных связей между параметрами географических объектов и их оптическими ха-рактеристиками.

Космические снимки земной поверхности являются моделями местности, отражающими реальную географическую ситуацию на момент съёмки.

За последние годы развитие компьютерных технологий и геоинформационных систем (ГИС) привело к тому, что данные спутникового мониторинга находят применение в самых разных областях — от сельского хозяйства до геоэкологии. Это позволяет оперативно реагировать на отрицательные изменения в окружающей среде и предупреждать опасные явления и процессы.

Принципиально новый подход в работе с пространственными данными в последние десятилетия связан с возникновением географических информационных систем.

Географическая информационная система (ГИС) — это компьютерная система, позволяющая показывать необходимые данные на электронной карте. Карты, созданные с помощью, ГИС, — это карты нового поколения. На карты ГИС можно нанести не только географические, но и статистические,

технические и многие другие виды данных и применять к ним разнообразные аналитические операции. ГИС обладает уникальной способностью выявлять скрытые взаимосвязи и тенденции, которые трудно заметить, используя привычные бумажные карты.

Состояние проблемы изучения динамики природных процессов и объектов. Обзор литературы.

Со времени зарождения и быстрого развития дистанционных методов изучения земной поверхности накоплен значительный опыт использования аэро- и космических снимков. Опубликованы обобщающие работы теоретического, методического плана и составлены инструкции по практическому применению материалов аэрофотосъемки.

В 1959 г. на Всесоюзном совещании по применению аэрометодов в ландшафтных исследованиях была поставлена программная задача разработки методов специальной аэрофотосъемки и дешифрирования, имеющих целью изучение изменений ландшафтов. Ряд работ, посвященных решению данной задачи, содержит методические разработки и имеет практическое значение (1, 2, 5, 6, 7, 10, 20, 21, 24, 25 и др.).

Увеличение числа географических работ, направленных на решение задач изучения динамики, характерно для 80-х годов (причем в большей степени по материалам космических съемок). Во-первых, очередной этап развития науки с насущными проблемами природы и географического прогноза настоятельно потребовал усиленного внимания к изучению географических явлений в их динамике и развитии. Во-вторых, для исследования динамики был накоплен богатый фонд аэрофотоснимков, осуществилась возможность многократного получения космической видеоинформации.

Появились работы, в которых обобщались материалы по использованию аэрокосмических съемок для изучения динамики природных процессов и явлений. В частности, исследования динамики с применением аэрокосмических методов было предложено называть динамическим аэрокосмическим зондированием (ДАЗ) (12, 13).

ДАЗ – раздел аэрокосмического зондирования, новое направление, призванное изучать по снимкам временную динамику природных и социально-экономических объектов, явлений и процессов. Оно обеспечивает более глубокое и всестороннее познание сложных объектов, природно-территориальных комплексов, а также повышение точности определения их количественных характеристик за счет многократных независимых измерений по серии разновременных снимков.

Исследования динамики с применением аэрокосмических методов (ДАЗ) отличаются относительной самостоятельностью в плане теории, методических и практических приемов работы.

Круг объектов, явлений, процессов, динамику которых можно изучать современными аэрокосмическими методами, весьма широк, диапазон масштабов велик – от детального до глобального.

Изучение динамики заключается в получении качественной и количественной информации об изменениях объектов и замещении одних объектов другими или об их относительной неизменности. Выявление относительно стабильных, устойчивых объектов также имеет практическое значение.

Основной метод исследования ДАЗ базируется на использовании многовременного снимка (термин, предложенный в работах 12, 13) понимаемого как совокупность разновременных снимков на одну и ту же территорию. Многовременной снимок – новое понятие в области ДАЗ, которое формируется на

основе обобщения практических исследований динамики по аэрокосмическим снимкам. Многовременной снимок – синтез разновременных снимков. Временные закономерности изменения явления или процесса, темп его развития во времени познаются с помощью разновременной серии снимков. Одиночные моментные снимки, входящие в многовременной и представляющие конкретные отображения за определенное время динамического явления, позволяют исследовать условия, территориальные аспекты динамики явления, его морфологическую структуру на определенном этапе развития. Многовременные снимки получают в результате многократных аэрокосмических съемок.

Методы ДАЗ охватывают способы изучения динамики, которые целесообразно разделить на прямые и косвенные, базирующиеся на использовании соответственно разновременной серии и одиночных моментных снимков.

Прямые способы представляют в основном количественную информацию о динамике, ее интенсивности, темпе. Для выявления происшедших изменений по разновременным снимкам необходимо их сопоставление между собой, осуществляемое способами попеременного (раздельного) и одновременного (совместного) их наблюдения, простое наложение разновременных снимков, стереоскопические наблюдения, быстрое поочередное наблюдение.

В результате извлечения динамической информации из разновременных снимков возможно определение или изменения только некоторых наперед заданных, предварительно классифицируемых объектов, или всех изменений, нашедших отражение на разновременных снимках без предварительной классификации объектов.

Косвенные способы ДАЗ дают возможность изучать временную и пространственную динамику в том случае, если она отражается во внешнем облике объектов – индикаторов динамики. Интервал временного анализа здесь практически не ограничен. Для обработки одномоментных снимков используются обычные приемы, главным образом косвенное индикационное дешифрирование.

Методика анализа динамики происходящих изменений с использованием материалов однократной аэрофотосъемки детально разработана и изложена в работах Орлова В.И. (17 и др.).

Особый интерес представляют работы, в которых содержатся описание дешифровочных признаков объектов и явлений на аэроснимках, находящихся на разных стадиях развития (4, 9, 20, 21, 22 и др.) и конкретные результаты анализа динамики по материалам повторной аэрофотосъемки (1, 2, 5, 7, 15 и др.).

В настоящее время накоплен и обобщен опыт практических приложений ДАЗ: динамические явления в атмосфере и в океане; формирование и сход снежного покрова; динамика ледников; динамика береговой зоны моря и дельт рек; современное рельефообразование; динамика ландшафтов и антропогенного воздействия на природу; динамика использования земель и расселения (12).

Практическая значимость ДАЗ зависит от наличия архивного фонда снимков. Поэтому формирование банка многовременных данных – основы компьютерной обработки информации, разработка классификаторов дешифровочных признаков стадий развития природных объектов, атласа эталонного дешифрирования – является актуальной проблемой ДАЗ.

Важнейшей областью практического применения ДАЗ является мониторинг природной среды. Аэрокосмический мониторинг предусматривает использование

аэрокосмических средств наблюдения за динамикой природной среды. При этом основным источником информации, пригодным для решения большинства задач, является снимок. Для решения многообразных задач мониторинга необходим набор снимков разного масштаба. Особый круг вопросов аэрокосмического мониторинга связан с разработкой способов выявления изменений по разновременным снимкам.

В настоящее время информация о динамике природных процессов и объектов может быть получена в результате сравнительного анализа:

- разновременных аэрофотоснимков (одного и разных масштабов);
- разновременных космических снимков;
- космических снимков высокого разрешения с аэроснимками (фотопланами) залетов прежних лет;
- аэроснимками нового залета и космических снимков высокого разрешения с изданными топографическими планами и картами.

В данном учебном пособии рассматривается методика анализа динамики природных процессов и объектов. Описание изменений природных процессов и объектов под влиянием техногенного воздействия в разных природных зонах и особенности их изображения на аэро- и космических снимках подробно и наглядно представлены в научно-методическом пособии по космическим методам геоэкологических исследований (МГУ) (27).

Основные понятия

Цель научного познания заключается в том, чтобы за внешними формами проявления вещей вскрыть их сущность. Согласно материалистическим представлениям о природе, как о материи во всем многообразии своих проявлений и форм движения – ни один предмет, ни одно явление природы не могут быть поняты, если изучать их изолированно, вне связи с другими предметами и явлениями.

Все объекты и явления географической оболочки Земли взаимосвязаны, воздействуют друг на друга и находятся в движении, изменении. Сущность объектов и явлений – развитие, показателем которого служат те или иные неповторяющиеся или повторяющиеся формы однородных объектов, те или иные особенности переходных стадий развития явлений.

Нередко в природе наблюдаются примеры, когда однотипные морфологические признаки однородных географических объектов и явлений относятся к диаметрально противоположным динамическим системам. Типы объектов и явлений, а также целых участков географической оболочки различаются не по наборам морфологических или даже генетических признаков, а по тем их показателям хода развития (динамики), которые удастся выявить, а затем использовать при составлении динамических характеристик.

Процессы, протекающие в природе, всегда опознаются косвенно по состоянию объектов, участвующих в этих процессах или подверженных их воздействию, а также по тем изменениям, которые происходят с объектами в пространстве и времени.

Динамика – особенность движения, хода развития, изменения какого-либо явления под влиянием действующих на него факторов. В каждый конкретный момент развития любой, зафиксированный на аэрофотоснимках географический

объект или явление, свидетельствует об особенностях конкретного хода развития (во времени и пространстве) как самого объекта или явления, так и той природной обстановки, в которой развивается этот объект или явление. Показателями развития могут служить изменения объектов или явлений, изменения взаимосвязей компонентов географической оболочки во времени и пространстве.

Однако, развитие – это не только изменение прогрессивное, движение от простого к сложному. В природе же существует еще изменение регрессивное и изменение "круговорот". В качестве примера прогрессивного изменения можно привести ход развития болотного массива, в котором различаются стадии образования и зрелости. Примером регрессивного изменения может служить "усыхание" озер – спуск воды и зарастание. При круговом изменении регрессивные процессы часто являются условием развития. Так, например, при определенном взаимодействии компонентов природы (понижение уровня грунтовых вод, активное дренирование поверхности и др.) может начаться сокращение площадей, занятых болотными массивами и постепенное развитие древесной растительности. Что же произошло с объектом, когда говорят, что он изменился со временем?

Движущей силой всякого изменения является единство и борьба противоположностей, и как следствие взаимодействие между содержанием и формой объекта, поскольку любому объекту присущи эти категории. К содержанию объекта относятся все его элементы, их внутренние взаимодействия и изменения, а также взаимодействия с другими объектами. Форма объекта – это устройство связей между его элементами. Так, например, содержание болотного массива составляют: гряды, мочажины, вторичные озера, топи, водотоки, растительность, озера. Каждой стадии развития болотного массива соответствует определенное закономерное расположение растительных ассоциаций на его поверхности, определенный рельеф, размещение элементов гидрографической сети, толщина торфяной залежи и характер микрорельефа.

При определенных внешних взаимодействиях болотного массива (геологических, гидрологических и климатических условиях) меняются его внутренние элементы, их взаимодействия, а, следовательно, и связи между ними. В результате принципиального изменения элементов нарушаются ранее существовавшие взаимодействия и связи между ними. В этом случае преобразовываются и содержание и форма объекта (болотного массива). Однако те же внешние факторы могут способствовать развитию нового объекта с его формой и содержанием, например, лесного массива.

Но изменение объекта со временем не приводит к полной его ликвидации. Элементы его способны к перегруппировке, к собственному видоизменению и изменению своих взаимодействий, к установлению новых связей. Примером такого изменения может служить смещение русла реки (под влиянием эрозионно-аккумулятивной деятельности русловых процессов, неотектонических движений).

Всякий процесс изменения является одновременно по своей сущности и переходом определенного объекта из одного состояния в другое и превращением какого-то одного объекта в другой в другой. Вследствие этого, любой процесс изменения может быть интерпретирован двояко: как процесс перехода объекта от стадии к стадии и как процесс превращения одного состояния в другое и как процесс превращения.

Сущность процесса изменения, его содержание нужно отличать не только от причин данного процесса, но и оттого, что можно было бы назвать "механизмом" протекания этого процесса. Выяснить сущность изучаемого процесса изменения – значит установить, какой предмет изменяется, что происходит с ним в процессе изменения, какие стороны у него исчезают, появляются, остаются, переходит ли он из одного состояния в другое или же превращается в другой предмет и т.п. Определить же механизм изучаемого процесса изменения – значит выяснить, каким образом изменяющийся предмет переходит из одного состояния в другое, каким образом у него исчезают или появляются те или иные стороны и т.п.

Учитывая механизм протекания процесса, следует различать типы изменений: непосредственные и опосредствованные, обратимые и необратимые, быстрые (относительно) и медленные (23).

К быстрым и относительно быстрым изменениям могут быть отнесены: мгновенные (от долей секунды до минуты), минутные (от минуты до часа), суточные (от часа до суток), месячные (от суток до месяца), годовые (от месяца до года). К медленным изменениям могут относиться: многолетние (от года до 100 лет), вековые (от 100 до 1000 лет), тысячелетние (более 1000 лет). Годовые изменения могут быть связаны с сезонными циклами, а многолетние – с многолетними климатическими циклами (11-15, 30-45, 70-85 лет).

Быстрые и относительно быстрые изменения изучаются с помощью аэро- и космических съемок. Медленные изменения могут изучаться только косвенно или ретроспективно. Классификация изменений по временной продолжительности позволяет обосновать выбор интервала повторных съемок за объектом (явлением), который называется шаг съемки. При изучении мгновенных, минутных и суточных изменений (например, катастрофических процессов – селей, извержение вулканов и др.) может оказаться необходимым непрерывное фотографирование.

Для динамики природных объектов и процессов характерным является наличие переходных стадий развития. Стадия - период, определенная ступень в развитии, его фаза. Каждой стадии развития объекта свойственна определенная закономерность взаиморасположения и соотношения его элементов. Например, у озера – котловина, водная поверхность, береговая линия, отмель и т.д. Все элементы имеют определенные дешифровочные признаки на аэроснимках.

В настоящее время изучены закономерности развития речных русел, оврагов, озер, болот, криогенных образований и др., известны определенные стадии развития этих объектов и особенности изображения их (стадий) на аэроснимках.

Анализ материалов аэрофотосъемки позволяет получить информацию о тенденции развития природных объектов и явлений. На основе анализа объекты могут быть классифицированы по динамическому состоянию, например:

- овраги – растущие и прекратившие рост;
- болота – осушающиеся и переувлажняющиеся;
- озерные котловины – осушенные, осушающиеся, переувлажняющиеся;
- русла рек – с преобладанием спрямляющихся участков и развивающихся меандр и т.д.

В основе классификации - наличие сочетания определенных стадий развития элементов объекта и тенденция его развития в целом.

Характеристика материалов аэрофотосъемки, используемых при анализе динамики

Основными материалами, которые могут быть использованы при анализе динамики природных объектов и явлений, являются аэрофотоснимки, фотопланы, репродукции накидного монтажа. Масштабы аэрофотоснимков: мелкий, средний и крупный.

Аэроснимки мелкого масштаба (1:60000 и менее) позволяют анализировать не только отдельные хорошо распознаваемые объекты, но и взаимосвязь между ними на достаточно большом пространстве. Одновременное фиксирование особенностей и стадий развития большого числа природных объектов, а также техногенных объектов, позволяет выявить главные тенденции изменений взаимосвязей между ними.

На аэроснимках мелкого масштаба затруднено проведение точных измерений для получения количественных характеристик изменений объектов, однако довольно четко определяются контуры участков с диаметрально противоположными показателями хода развития взаимосвязей компонентов природы.

Аэроснимки среднего масштаба (1:25000 – 1:60000) позволяют, при повышенной детальности изображения местности, проводить углубленный анализ динамики и взаимосвязей природных объектов и явлений одновременно на небольшой площади и более точные измерения для получения количественных характеристик изменений. Средний масштаб обеспечивает хорошие результаты при проведении сравнительного анализа разновременных аэроснимков (в т.ч. со снимками крупного и мелкого масштабов).

Аэроснимки крупного масштаба по детальности изображения местности, по возможности проведения измерений и их точности значительно превышают снимки мелкого и среднего масштабов. По ним могут быть получены конкретные выводы о динамике не только объекта в целом, но и его элементов.

Фотопланы позволяют проводить анализ однородного материала на значительную площадь без искажений фотоизображения, осуществлять сводку контуров между соседними районами, достаточно точно проводить измерения объектов, а также получать данные об особенностях и характере хода развития как отдельных объектов и явлений, так и природных условий в целом для местности, изображенной на фотоплане.

Репродукции накидного монтажа могут быть использованы при ориентировании в большом количестве снимков, полученных на ту или иную территорию, при подборе необходимых снимков, при уточнении контуров, проходящих через несколько снимков, при сопоставлении объектов, изображенных на топографических картах и материалах аэрофотосъемки.

При получении материалов разновременных съемок для изучения динамики идеальным случаем, к которому необходимо стремиться, является производство начальной и повторной съемок одной и той же съемочной аппаратурой, при одинаковых параметрах и оптико-метеорологических условиях.

Методика анализа динамики природных процессов объектов по материалам многократных аэрофотосъемок.

Материалы многократных (повторных, разновременных) аэрофотосъемочных залетов позволяют достаточно точно и в количественном выражении проанализировать те изменения в ходе развития (динамике) природных процессов и объектов, которые произошли на исследуемой территории за сроки между соответствующими залетами.

Для решения конкретных задач желательно, чтобы аэрофотоснимки были однотипные, известных (преимущественно одинаковых) масштабов, имели одинаковые сезонные сроки залетов и другие технические показатели, необходимые для их полноценного дешифрирования. Всякое отклонение от идеальных условий повторных съемок усложняет обработку разновременных снимков и снижает точность получаемых результатов. Однако строго соблюдать постоянные условия при повторных съемках в большинстве случаев не удастся. Поэтому разрабатываются сложные и трудоемкие способы обработки разновременных снимков.

При анализе динамики пока наибольшее распространение получили приемы визуального дешифрирования как одиночных, так и динамического ряда моментных аэроснимков. Для выявления изменений по разновременным снимкам необходимо их сопоставление между собой, что осуществляется путем попеременного и совместного наблюдения снимков. Первый прием технически наиболее прост. Однако в этом случае легко обнаруживаются лишь значительные изменения. Выявить и изучить малозаметные изменения можно только специальными приемами совместного наблюдения разновременных снимков (12):

- а) простое совмещение (наложение) двух разновременных снимков монокулярного и бинокулярного;
- б) быстрое поочередное наблюдение двух снимков (способ "мигания") или ряда разновременных снимков;
- в) синтезирование разновременного изображения – разностного (способ "негатив+позитив");
- г) стереоскопическое наблюдение разновременных снимков в различных сочетаниях.

Анализ разномасштабных аэрофотоизображений может производиться при стереоскопическом просмотре снимков с различным увеличением.

Дешифрирование аэрофотоснимков заключается в сравнении фотоизображений идентичных объектов, в фиксации изменений объектов и установлении их качественных и количественных характеристик. Качественные характеристики изменений определяются путем сопоставления морфологических признаков идентичных объектов, а также фототона и рисунка изображения на аэроснимках. Установление иных дешифровочных признаков свидетельствует о наличии изменения. Количественные характеристики изменений могут быть получены непосредственно путем сравнения размеров объектов, зафиксированных на аэроснимках разных лет. Разность между этими величинами, деленная на число лет, прошедших между съемками может быть принята как средний показатель скорости изменения.

Например, скорость роста оврагов может быть определена по разновременным аэроснимкам следующим образом. На аэроснимке нового залета проводится измерение отрезка от вершины оврага до контурной точки в направлении его роста (или до 2-3 контурных точек, расположенных в стороне) и сравнивается с соответствующим отрезком, измеренным на аэроснимке старого залета. Изменение в длине отрезка делится на количество лет между залетами, в результате чего получается средняя скорость оврага за последние годы.

Общая формула определения скорости роста:

$$V = \frac{\ell_1 m_1 - \ell_2 m_2}{n} \text{ м/год}$$

Где ℓ_1 - отрезок, измеренный на аэроснимке старого залета,

ℓ_2 - отрезок, измеренный на аэроснимке нового залета,

$m_1 m_2$ - знаменатели масштабов аэросъемок,

n - интервал между залетами.

Разработан метод определения прироста овражно-балочной сети по материалам повторных аэрофотосъемок (7), который состоит в измерении (под стереоскопом) расстояний S от растущих оврагов до специально выбранных опорных точек (отдельно стоящие деревья, постройки, камни и др.). Эти точки должны располагаться в непосредственной близости от вершины оврагов и находиться на прямой, продолжающей ось тальвега на водораздел. Разница между расстоянием S и S_i дает величину приращений оврагов за n лет.

Увеличение площади эрозионных форм определяется с помощью вертикального проектора ВП-1. Приращение площади - планиметром.

Аэроснимки среднего и мелкого масштабов дают возможность сравнивать размеры объектов, имеющих значительную протяженность или занимающих большую площадь. Наиболее точно можно измерить те объекты, которые резко отличаются от окружающей их поверхности по фототону и имеют четкие границы перехода к другим объектам. К ним относятся: русла рек, овраги, водная поверхность озер, полигональные поверхности. Аэроснимки крупных масштабов позволяют определить динамику элементов природных объектов.

Если не стоит задача определения высокоточных количественных характеристик объектов, то линейные их размеры могут определяться с помощью обычных измерительных инструментов (циркуля-измерителя, пропорционального циркуля, измерительной лупы), а для измерения площадей может быть использована квадратная палетка.

Аэрофотоматериалы, полученные через известные промежутки времени, в сочетании с контрольными наземными наблюдениями позволяют с большой подробностью и точностью судить об изменениях объектов, явлений и о целостности природных условий территории.

В ряде работ приводятся конкретные примеры использования повторных аэроснимков для изучения динамики природных объектов и явлений. Так, например, по материалам повторных аэросъемок была установлена динамика пустынной растительности Центральных Каракумов. Основная тенденция –

заращение и закрепление песчаных поверхностей, смена растительных группировок на подвижных песках за период 10-12 лет (1).

Материалы повторного фотографирования позволили получить дополнительные сведения об изменении уровней озер в Западной Сибири. На разновременных аэроснимках фиксировались размеры берегового пляжа, появление или исчезновение островов на водной поверхности (24).

Описываются изменения природных объектов и явлений на некоторых участках территории полуострова Ямал, которые были выявлены по разновременным аэрофотоснимкам (интервал между съемками – 25 лет) (15).

По разновременным аэроснимкам исследовался характер основных почвенно-эрозионных процессов и их изменения во времени, скорость роста оврагов, появление в балках на днищах вторичных врезов (причина хозяйственная деятельность человека – распашка водосборов до бровок балок) (5).

Описываются методы изучения физико-геологических процессов на побережьях и берегах водохранилищ по материалам повторных аэросъемок (2).

Применение измерительного дешифрирования материалов повторной аэрофотосъемки было использовано для изучения динамики криогенных и посткриогенных процессов во времени и пространстве, которая устанавливалась путем сравнения размеров объектов, отображенных на аэроснимках разных лет (21).

Методика анализа, динамики природных процессов и объектов по материалам однократной аэрофотосъемки

Не на все территории (особенно северные) имеются материалы многократных аэрофотосъемок (или они получены для разных целей и несопоставимы). Располагая материалами однократной аэрофотосъемки также можно получить выводы о динамике природы любой исследуемой территории. Методика основана на подробном знании географических закономерностей развития объектов в конкретных природных условиях, а также особенностей фотоизображения этих закономерностей на аэроснимках. При этом существенным является то, что аэрофотоснимки фиксируют происходящие изменения местности в определенный момент времени, т.е. определенный этап в развитии природных объектов.

По одному аэрофотоснимку можно провести сравнение аккумуляционных или абразионно-эрозионных форм рельефа, переувлажняющихся или осушающихся участков территории, стареющих или омолаживающихся оврагов и т.п., используя для этого прямые или косвенные объективные признаки их динамической сущности.

Анализ динамики природных объектов по одноразовым аэрофотоснимкам заключается в фиксации дешифровочных признаков стадий их развития, сопоставлении с идентичными объектами в пределах исследуемого участка, в установлении общей тенденции развития объектов и далее классификации их по динамическому состоянию.

Для достоверности при получении качественных характеристик изменений может быть использована методика сравнения аэроснимков с ранее изданной топографической картой (из существующих на данный район и сопоставимой по масштабу).

Рассмотрим дешифровочные признаки хода развития некоторых природных объектов и явлений, выявленные в результате анализа одноразовых аэрофотоснимков.

Дешифровочные признаки динамики некоторых природных процессов и объектов на аэроснимке.

Дешифровочные признаки динамики речных русел и оврагов.

Русловой процесс – постоянно происходящие видоизменения морфологического строения речного русла и поймы под действием текущей воды (10). Существуют неверные представления о малых размерах плановых деформаций русла. Сопоставление карт и аэрофотоснимков разных лет для больших по протяженности участков русла рек, а также данные натурных наблюдений позволили прийти к выводу, что смещения бровок берегов в плане на средних и крупных реках очень часто составляют 10-15 м/год. Требования теории и практики обуславливают необходимость детального изучения того, как развивается русловой процесс в природе, изучения речных морфологических образований. Выделяются три основных класса русловых образований - микро-, мезо- и макроформы руслового процесса.

Микроформы – это движущиеся по руслу песчаные гряды массового распространения. Мезоформы – тоже гряды, но одиночные, занимающие все русло. Макроформы – различно деформирующиеся излучины, островные участки. Скорость плановых деформаций характеризуется линейными смещениями бровок подмываемых берегов. Изучение особенностей форм и характера их деформаций позволило разработать методы расчета и прогноза переформирования речного русла. Восстановление схемы деформаций русла позволяет выявить его участки, наиболее подверженные деформациям и относительно устойчивые, и тенденции хода плановых деформаций русла и поймы реки.

Одиночные аэрофотоснимки могут дать значительную информацию о прошлом реки и о том, как она будет развиваться в дальнейшем. Это возможно потому, что деятельность воды на земной поверхности всегда оставляет те или иные следы, которые и позволяют восстановить историю реки.

На аэроснимках с изображением меандрирующих рек (рис. 1) заметна структура рисунка поверхности поймы, напоминающая веера из дугообразных темных и светлых полос, различно ориентированных по отношению к руслу реки (1). Такие веера образуются вследствие перемещения русла в плане и представляют собой чередование валов (2) (отошедших от русла в ходе меандрирования) и понижений (3) на поверхности поймы. Изогнутость дугообразных полос бывает тем большей, чем интенсивнее меандрирование. Степень изогнутости и частота полос, составляющих изображение веера перемещения, может свидетельствовать об интенсивности русловых процессов. Изучение рисунка веера перемещения позволяет проследить стадии развития русла реки, восстановить по полосам веера прежние его положения.

В процессе спрямления русел крупных и мелких рек происходит отчленение меандр и образование озер-стариц, которые отчетливо читаются на аэроснимке в виде пятен и полос светло-серого, серого и черного тона, различных очертаний и размеров. В зависимости от особенностей развития речного бассейна, озера-

старицы находятся на разных стадиях развития и соответственно на аэроснимках выглядят по-разному (рис. 2). Образовавшиеся на месте активно отчленяющихся меандр озера-старицы заполнены водой, их изображения представляют собой дугообразные полосы черного фототона. Зарастающие, заболачивающиеся старицы на снимках отображаются светло-серыми (1) и серыми (2) вытянутыми пятнами и полосами дугообразной формы с мелкозернистой структурой.

На аэроснимке (рис. 3) можно проследить динамику крупной реки (1). Широкая левосторонняя пойма (2) с многочисленными зарастающими (3) и заросшими (4) старичными озерами и протоками (5), надпойменная терраса, на которой расположен крупный населенный пункт с широкими улицами, повторяющими очертания современного русла реки, позволяют предположить, что береговая линия реки некогда проходила по линии, совпадающей с окраиной населенного пункта. Под действием боковой и глубинной эрозии русло реки постепенно смещается в направлении с юго-востока на северо-запад.

На аэроснимке (рис. 4) также зафиксирован ход развития русла реки. В результате русло постепенно смещается в направлении с севера на юг и спрямляется. Отчетливо прослеживаются следы положения русла реки в прошлом ($1_1 - 1_5$) – это серые расплывчатые извилистые полосы, повторяющие конфигурацию русла, но находящиеся на более высоких уровнях в рельефе, а также будущее его положение (1_6). Приток реки также сместился (2_1 и 2_2). Кроме этого наблюдается рост оврагов (3) и промоин на фоне древних едва заметных оврагов (4). Одной из причин перечисленных изменений русла реки можно предположить восходящее неотектоническое движение на севере данного участка местности.

На аэроснимке (рис. 5) зафиксированы несколько стадий развития речных систем. На стадии активного роста речные долины имеют следующие дешифровочные признаки: узкие темно-серые (почти черные) слабо извилистые полосы, (1) (по дну прослеживается черная линия русла), для верховьев характерно наличие оврагов (2) – черные короткие линии отходят от полосы (долины) и осушающиеся озера (3) (имеющие сток в реку) – пятна овальной формы, фототон меняется от серого (отмели и террасы) до черного (оставшаяся водная поверхность), часто пересеченные черными извилистыми линиями (овраги и мелкие реки на дне котловины бывшего озера (4)).

В стадии зрелости речная долина (5) сравнительно узкая извилистая серая полоса, на дне которой прослеживается две пересекающиеся линии: узкая черная – русло (6) и широкая белая – отмели (7). Имеются старичные озера, заполненные водой (8). С долиной также связаны осушающиеся (3) и осушенные (9) озерные котловины. Река имеет притоки (10).

Овраги. Водная эрозия временных водотоков приводит к образованию вначале неглубоких эрозионных борозд, промоин, которые, при дальнейшем развитии процесса превращаются в овраги и балки. Строение и густота овражной сети, глубина врезов оврагов зависят от климатических условий, строения рельефа, геологического строения территории, направления и интенсивности современных тектонических движений.

В развитии оврагов можно различить "раннюю", "зрелую" и "угасающую" стадии, которые четко фиксируются на аэроснимках. Овраги (и промоины)

"ранней и зрелой" стадий развития представляют собой узкие глубоко врезаемые формы с крутыми незадернованными склонами и узкими днищами. На аэроснимке (рис. 6) читается сильно ветвистый контрастный рисунок молодых оврагов (1), резко выделяющийся на общем фоне и присоединения отвершков (2) под углом 90°. На "угасающей" стадии у оврагов днища широкие, склоны пологие задернованные, расплывчатый рисунок бровки (4) и постепенный переход от светло-серого фототона (днище) к серому фототону (склоны) (3).

На аэроснимке (рис. 7) изображен участок местности, для которого характерно наличие различных стадий развития эрозионных форм рельефа: эрозионные борозды, промоины, молодые овраги, овраги в зрелой стадии и балки. Все они отчетливо читаются на снимке и имеют разные дешифровочные признаки: форму, размер, тон и характер тени.

Эрозионные борозды (1) – узкие короткие линии темно-серого тона, приурочены к склонам древних форм. Промоины (2) – узкие короткие полосы темно-серого тона с расширением в центральной части. Молодые овраги (3) – вытянутые линейные угловатые формы с острой вершиной, разделенные черной линией (дно оврага) на две полосы светло-серого тона (освещенный склон) и темно-серого тона (затененный склон).

Овраги в зрелой стадии (4) – длинные линейные ветвистые формы, с четкой темно-серой линией посередине (дно оврага), склоны представляют собой чередование темно-серых и светло-серых полос – многочисленные отвертки. Балки (5) – длинные слабо извилистые по краям формы, с округлыми вершинами, плавным переходом от темно-серого к серому тону (склоны), разделенные широкой светлой полосой (днище).

Для данного участка характерна активизация эрозионных процессов, о чем свидетельствуют следующие признаки: наличие резкого углубления (6) на дне балки (донный овраг), многочисленных эрозионных борозд и промоин на ее склонах, а также посадки на склонах, подверженных овражной эрозии (видимо с целью приостановить ее).

Причиной активизации эрозионных процессов могло явиться восходящее тектоническое движение данного участка местности, что привело к понижению местного базиса эрозии.

Дешифровочные признаки динамики карстовых процессов и объектов

Карст – совокупность процессов растворения и размыва пород (известняки, доломиты, мел, ангидрит, гипс и др.) подземными и частично поверхностными водами, приводящих к формированию карстовых форм мезо- и микрорельефа. Поверхностные формы – бессточные долины, котловины, впадины, воронки, колодцы и др., подземные – каверны, каналы, галереи, пещеры и др. С образованием подземных карстовых форм связаны проседания и обвалы земной поверхности.

Интенсивность развития карста зависит не только от наличия растворимых пород, их строения, свойств, условий залегания, но и от климата, рельефа, строения гидрографической сети, направления и интенсивности современных тектонических движений.

Площади распространения карста опознаются на мелкомасштабных аэрофотоснимках, а отдельные карстовые формы на снимках среднего и крупного масштабов. В районах, где развит открытый карст и отсутствует лесной покров, дешифрирование аэроснимков позволяет не только выявить все поверхностные карстовые формы, но и установить с помощью необходимых измерений все их основные характеристики (размеры в плане, глубину, крутизну склонов и др.).

По резкости форм, яркости изображения, наличию или отсутствию растительного покрова можно также примерно оценить возраст карста и выделить древние, старые и молодые (современные) его проявления. Повторные съемки и комбинации аэросъемок с периодическими облетами или наземными обследованиями территории позволяют изучить развитие карстового процесса во времени и пространстве, выявить новые карстовые формы и установить изменения ранее существовавших. Однако сильная изменчивость процесса в зависимости от среды его протекания и климатических условий не позволяет создать единой схемы его развития. В специальной литературе вопросы, применения аэрометодов в карстоведении освещаются применительно к конкретным регионам (3, 19). Не выявлены и не систематизированы многие важные прямые и косвенные признаки дешифрирования особенностей развития карста.

К поверхностным карстовым формам относятся рвы проседания, представляющие собой замкнутые, линейно вытянутые поперек склона отрицательные формы рельефа, связанные с карстовыми процессами. Намечающиеся рвы проседания на аэроснимках выглядят темными четкими, иногда прерывистыми спрямленными полосами. В зрелой стадии развития они выражены на местности в виде едва заметных потяжин (часто к ним приурочены карстовые воронки и ров приобретает четко-видные очертания).

На аэроснимке (рис. 8) изображен участок территории, на котором развиваются карстовые формы: карстовые воронки разных размеров в начальной стадии (1), в зрелой (2), погребенные (3); рвы проседания в зрелой стадии (4), четко-видное русло реки (5) и пропадающие участки русла (6).

Дешифровочные признаки динамики оползней

Оползневые процессы (отрыв и смещение вдоль крутых склонов значительных масс горных пород под влиянием силы тяжести) приводят к образованию характерных форм мезо- и микрорельефа и опознаются на аэроснимках крупного, среднего и мелкого масштабов. "Молодые" оползни выглядят на склоне инородным телом, отличающимся от общего рисунка и тона изображения. Для них характерна пятнистость, связанная с бугристым или ступенчатым строением оползневых тел, наличием бугров и наплывов, неравномерным увлажнением оползневых образований и прерывистым распределением растительного покрова, светлый (почти белый) тон обнаженных поверхностей.

Начальная стадия и стадия нарастающего развития оползней на аэроснимках почти не различаются. Они выражаются в образовании широкой трещины-рва (расщелины) с V-образным профилем и отчетливо выраженной бровкой, почти полностью отделяющей тело оползня от склона. Опущенное тело оползня и возникновение уступа свидетельствует о нарастающем развитии процесса. Часто

по расщелине наблюдаются выходы родников. Около них образуются влажные участки с осоками. На аэроснимках это темные пятна треугольной формы (родник у вершины).

В ходе развития процесса образуется молодой оползень-блок.

На аэроснимках форма стенки срыва оползня циркообразная или фронтальная, оползневых бугров – пятнистая, выгнутая, рисунок дугообразно-полосчатый, чередование участков со светлым и темным фототонем (распределение растительности и выходов грунтовых вод). Граница цирка прерывистая по бортам и четкая с надоползневым откосом.

Со временем оползневые формы стареют – сглаживаются, теряют резкость, а тело оползня постепенно зарастает растительностью. При этом различимость элементов оползня на аэроснимках ухудшается, так как стенки срыва зарастают, границы цирка становятся менее заметными и иногда трудно отличить цирк от самого оползневого тела. Оползневое тело может быть расчленено эрозией и даже смыто. В тыловой части старых оползней-блоков образуются висячие болота.

Например, оползни в лесной зоне начинают зарастать растительностью через три года после смещения (там, где растительность была уничтожена). Через 10 лет происходит полное зарастание оползня травянистой растительностью, через 20 лет – подрастающим древостоем преимущественно лиственных пород и только через 60 лет появляются хвойные породы. Наличие зрелого смешанного леса на теле горного оползня указывает на то, что он произошел не менее чем 90-100 лет назад.

Когда склоны сплошь залесены, а оползневые смещения имеют небольшие размеры, признаком (индикатором) оползневых подвижек могут служить наличие "пьяного леса" (наклонившиеся или упавшие деревья), разреженный характер древостоя, но эти признаки хорошо видны только на снимках крупного масштаба.

При изучении динамики оползневого процесса полную информацию дают повторные съемки. Целесообразно использовать снимки двух масштабов: мелкого – для установления мест развития оползневых смещений, выявления общих закономерностей их распространения и взаимосвязи с другими компонентами природной обстановки и крупного – для детального сравнительного дешифрирования.

При детальном изучении изображения оползней может быть получена следующая информация:

- ориентировка, конфигурация оползня;
- форма, размеры оползня в плане (длина, ширина, площадь);
- характер границ оползня (стенка срыва, борта оползневого цирка);
- характер и состояние обрывов (свежие, задернованные, поросшие кустарником);
- общая характеристика рельефа оползневого тела (оползневые уступы и террасы);
- наличие гидрографической сети на оползнях, источников, заболоченности;
- наличие растительного покрова на оползне и вокруг него, характер растительности (древесная, кустарниковая, травяная);
- наличие свежих следов смещения;
- наличие зданий и инженерных сооружений, расположенных на оползне и вблизи него;

- наличие противооползневых и берегоукрепительных сооружений;
- следы разрушений.

На аэроснимке (рис. 9) изображен склон коренного берега речной долины, на котором сохранились древние оползни (1). Склон имеет циркообразные углубления, верхние границы цирков покрыты растительностью (2). Оползни также покрыты травяной растительностью.

На аэроснимке (рис. 10) изображен сформировавшийся сложный массив зрелых оползней – потоков на склоне крупной реки, густо расчлененных молодыми и зрелыми эрозионными формами – потяжинами, промоинами, оврагами.

Прослеживаются границы прежних стенок срыва (1), границы оползневых цирков (2), оползневые блоки (3), оползневые бугры (4), имеющие плавные очертания и неконтрастные тона, а также контрастные линейные эрозионные формы (5).

Дешифровочные признаки динамики эоловых процессов

Эоловые процессы (перемещение песков) развиваются в тропических пустынях, в пустынях и полупустынях умеренных широт, а также азонально в тундре, на морских берегах, в речных долинах.

Основными природными объектами являются подвижные эоловые формы рельефа (барханы, ячеистые, грядово-лунковые пески, дюны).

Наиболее крупными формами являются барханы – холмы высотой от нескольких метров до 150-200 м, имеющие в плане форму полумесяца и асимметричное строение: более пологий ($6-8^\circ$) выпуклый и более крутой ($33-35^\circ$) вогнутый склоны. Разделены они четко выраженным гребнем. Барханы встречаются в виде единичных форм, а также в виде скоплений – барханных цепей, комплексных барханов и барханных полей.

Поверхность барханов и пространство между ними обнажено. Скорость перемещения барханов может достигать 7-10 м в сутки. На аэроснимках можно установить направление ветропесчаного потока и перемещения барханов. Критерием служит крутизна склонов: подветренные склоны барханов более крутые, наветренные – более пологие. Признаком направления движения бархана могут служить также его "рога", всегда ориентированные в сторону движения бархана, больший по размеру "рог" выдвинут в сторону движения (Рис. 11).

Скорость перемещения барханов может быть установлена по аэроснимкам одного залета только приближенно. Повторные съемки могут дать более надежную информацию, но следует иметь в виду, что скорость и направление движения барханов могут существенно изменяться и по сезонам года и по годам. Так, в районах, где преобладающее направление ветров в зимнее время изменяется на обратное, движение барханов приобретает поступательно-возвратный характер без заметного их смещения за много лет. Иногда ветры обратного знака только частично компенсируют происшедшие перемещения. Поэтому для установления направления движения барханных песков необходимы многократные залеты, приходящиеся на разные сезоны и разные годы.

Дюны – мало подвижные аккумулятивные формы с преимущественно продольным перемещением песчаного материала. Изменение повторяемости и

продолжительности ветров разного направления и скорости приводит к увеличению дюн, изменению их планового положения и формы.

Направление перемещения песчаных массивов может быть установлено на аэроснимках по особенностям их конфигурации и "наползанию" на сухие русла рек, древние ирригационные сети, дороги, тропы, освоенные площади. Так, песчаные массивы, поступательно смещающиеся в каком-либо одном направлении или расширяющиеся за счет переноса песчаных масс из центра массива к периферии, обычно имеют отчетливо выраженный краевой вал или языковидные скопления песка, вдающиеся в окружающий ландшафт и резко отличающиеся от него более светлым тоном и рисунком фотоизображения. Крупные возвышенности, встречающиеся на пути движения песков, они "обтекают". Если уклон возвышенностей не превышает 10-15°, пески могут перемещаться вверх по склону на значительную высоту.

На аэроснимке (рис 12) зафиксирован процесс наползания массива грядово-лунковых песков (1) на эрозионную сеть (2) в направлении с юго-запада на северо-восток. Стереоскопически прослеживается краевой вал (3).

Дешифровочные признаки динамики криогенных процессов и объектов

С многолетним и сезонным промерзанием и оттаиванием мерзлых пород связаны криогенные процессы: термокарст, морозобойное трещинообразование, пучение и др. Аэрофотоснимки позволяют установить закономерности развития различных криогенных процессов и объектов и степень их интенсивности.

Термокарстовые озера. На аэроснимках отчетливо дешифрируются морфологические признаки развития озерных котловин. Они позволяют определить стадии развития озер. По ним можно выявить общую тенденцию развития озер того или иного района. Так, например, в развитии термокарстовых озер можно различить "начальную", "зрелую" и "угасающую" стадии.

Термокарстовые озера наиболее активно развиваются на всех формах рельефа за счет протаивания многолетнемерзлых рыхлых грунтов и торфяников. Образующиеся котловины заполняются водой. Формы и размеры озер разнообразны, контуры их обычно замкнутые. На снимке (рис. 12) "начальная" стадия, т.е. вновь образовавшиеся озера выглядят как темные штрихи и точки на светло-сером фоне (1).

Озера в "зрелой" стадии развития сопровождаются соответственным нарушением растительности (провалившиеся поверхности болот и др.). В период максимального развития некоторые озера, сливаясь, образуют большие водные пространства, которые часто соединяются протоками с реками. На аэроснимке это – четко очерченные пятна черного цвета округлой и овальной формы, разбросанные на сером фоне поверхности (2).

В районах, где развиты эрозионные процессы, многие термокарстовые озера, носят следы деградации и усыхания. По мере обмеления и зарастания днища озер заболачиваются и покрываются осоково-разнотравной или моховой растительностью и лишь в некоторых понижениях остаются небольшие зеркала воды. Эта "угасающая" стадия на аэроснимках выглядит как светло-серые (осушающиеся котловины) пятна неправильной формы (3), с нечеткими

контурами, с темно-серым или черным пятном в середине (зеркало воды) (4) или как овальные (или круглые) пятна серого тона с концентрическими темно- и светло-серыми полосами внутри (различные уровни усыхания) (5) и белой или черной линией на месте бывшей береговой линии (6). Изолированные от речной сети озера таких концентрических полос на склонах котловин не имеют. Эти озера считаются бессточными.

При затухании эрозионных процессов побережья озер испытывают подтопление, а на низких участках озерных котловин вновь образуются озера. Для таких переувлажняющихся котловин на аэроснимке (рис. 13, 14), характерно чередование концентрических полос серого тона (террасы) (1) с пятнами овальной формы (или кольцевидной) темно-серого и черного тона (озера на террасах) (2), часто имеющими фестончатый контур. На рис. 14 – схема дешифрирования динамики озерной котловины.

Полигональные поверхности. Различные стадии развития полигональных образований отчетливо выделяются на аэроснимках (рис. 15). На "ранней" (1) стадии – это крупносетчатая структура изображения, валики узкие низкие светло-серого тона, центральные части полигонов обычно заполнены тонким слоем воды (темно-серый и черный тон). Для "зрелой" стадии (2) характерны меньшие размеры полигонов, более широкие и высокие валики (светло-серый тон), меньшая обводненность центральных частей, распространение растительного покрова, который создает на аэроснимке более светлый фототон. В "угасающей" стадии (3) разрушается поверхность полигонов, валики и центральные их части образуют один общий уровень и вся поверхность покрывается тундровой растительностью (светло-серый и серый фототон), в понижениях между полигонами и особенно в местах их перекрещивания часто стоит вода (полосы или линии черного тона).

Бугры пучения (многолетние). На ранней стадии развития поверхность бугров ровная, покрыта в тундре мохово-кустарничковой, а в тайге – кустарничково-древесной и травянистой растительностью. Основание бугров часто кружено сильно заболоченной полосой с осоково-пушицевой растительностью. Встречаются одиночные бугры и небольшие группы.

На аэроснимках бугры пучения изображаются в виде пятен более светлого тона, чем окружающая местность, иногда с концентрическим рисунком и темным ободком у основания (сильно обводненная зона).

В зрелой и угасающей стадии развития (когда начинается вытаивание льдов, слагающих их ядро) многолетние бугры пучения покрываются трещинами, постепенно превращающимися в широкие каналы; кровля бугров проседает, на поверхности образуются термокарстовые западины, воронки, небольшие озера. На аэроснимках изображение таких бугров имеет сложную пятнисто-полосчатую структуру: темные радиальные и концентрические полосы свидетельствуют о наличии глубоких трещин, темные пятна – термокарстовых озер или западин, заросших густой влаголюбивой растительностью, светлые – участков обнаженного ледяного ядра.

Дешифровочные признаки динамики болот

В процессе своего развития каждое болотное образование претерпевает изменения, различные во времени и пространстве, от стадии к стадии. В природе практически невозможно найти два совершенно одинаковых болотных образования (по морфологическим признакам). Движущей силой развития болотного процесса на каждом его этапе является не один какой-либо фактор, а взаимодействие растительности, влажности и ряда других факторов среды, в том числе климата. Тип болота – не что иное, как современная стадия его развития.

Динамическая схема типизации развития болот состоит из трех крупных стадий, различаемых по времени и морфогенетическим признакам хода развития болот: I – образование болот, II – развитие стадии зрелости болот, III – деградация болот.

Основными критериями при типизации болот служат различия особенностей взаимодействия компонентов природы, разнозначные показатели хода развития болот от стадии к стадии (различия относительных и абсолютных значений мощности, скорости, масштабов и направлений развития болотообразовательного процесса), изменения площадей, на которых в течение того или иного отрезка времени усиливается или ослабевает болотообразовательный процесс, сравнения изменений главных и второстепенных путей развития болот (16).

I стадия развития болот – образование низинных болот характерно для огромного количества всевозможных болотных урочищ разных морфогенетических классов с многообразными закономерностями проявления болотообразовательного процесса во времени и на различных участках земной поверхности, испытывающих влияние прогрессивной аккумуляции. К ним, например, относится заболачивание всевозможных озер (донное и сплавинное зарастание); заболачивание пойм и суходолов в различных природных зонах и на различных элементах рельефа. II стадия – стадия зрелости болот – характерно для крупных типов болот переходных и верховых, подразделяющихся на множество классов. Характеристика и обособление болот в разных стадиях проводится по индивидуальным или групповым морфогенетическим признакам и по диаметрально противоположным особенностям развития болот в условиях прогрессивных, а также преобладающих процессов аккумуляции или денудации. III стадия развития болот – деградация – включает в себя деградацию болотных урочищ, находящихся на той или иной стадии формирования типа болот, в том числе и при антропогенной трансформации угодий: в условиях активного эрозийного разрушения болот, их захоронения, полной промышленной выработки торфа, трансформации болот при мелиоративных мероприятиях в сельскохозяйственные угодья или использования болот под лесные массивы, перекрытия болот искусственными или естественными водоемами и т.д. в районе с прогрессивными и преобладающими процессами денудации, а нередко и аккумуляции.

Каждой стадии развития болот свойственны не только свои генетические закономерности распределения растительного покрова, но и формы поверхности, относительное расположение внутренней поверхностной гидрографической сети на болотах. Анализ характера рисунка и тональности аэрофотоснимков позволяет установить границы растительного покрова и обводненности болот.

На аэрофотоснимках болота изображаются фигурами неправильной округлой формы в плане часто с нерезкими, расплывчатыми границами. Различная тональность аэроснимка отражает различную степень обводненности отдельных участков болота: чем сильнее обводнены участки, тем темнее фототон. О сильной обводненности свидетельствует наличие вторичных озер, которые на снимке изображаются в виде черных, округлой или вытянутой формы пятен, расположенных чаще группами или цепочкой.

На аэроснимке (рис.17) прослеживаются стадии, развития верховых грядово-мочажинных болот и сокращения площадей тайги в районах с преобладанием процессов аккумуляции.

Древний болотный массив (1) имеет все характерные морфологические признаки. Его центральная часть переувлажнена, множество вторичных озер (2). Системы гряд (3), мочажин (4) и вторичных озер (5) сгруппированы по линиям наибольшего поверхностного стока вод, некоторые вторичные озера зарастают (6). На краю болотного массива сформировалась угнетенная древесная растительность (рямы) (7). Более молодой развивающийся болотный массив (8) имеет уже четко выраженную форму, хотя здесь еще только намечаются линии будущего размещения переувлажненных мочажин и вторичных озер. Еще более молодые болотные массивы (9) представляют собой плоские поверхности и расположены отдельными островами. Участки нормально развитой древесной растительности приурочены к долинам бывших рек (10), которые заболачиваются. Оставшуюся площадь занимают заболоченные леса (11) с угнетенными древесными насаждениями, в виде отдельных небольших массивов.

На аэроснимке (рис. 18) зафиксированы признаки разрастания олиготрофного грядово-мочажинного болота (1). Об усилении обводненности свидетельствует наличие комплекса вторичных озер (2). Болото захватывает площади ранее занятые массивом тайги (3), сохранились островки древесной растительности (4). Прослеживаются современная (а) и одна из прежних (б) границы массива тайги (рис.19). Верхние участки долин (5) рек перекрыты болотом. Гряды и мочажины расположены перпендикулярно направлению стока воды из болотного массива (6). Некоторые вторичные озера, находящиеся на более высоком, уровне, постепенно зарастают (7).

На рис. 19 – схема дешифрирования динамики болота.

Для деградирующего, болотного массива в районах с преобладанием процессов денудации характерно: осушение и зарастание вторичных озер; береговая линия их из плавной превращается в извилистую (небольшие пятна вытянутой или овальной формы, фототон меняется от периферии к центру от светло-серого до серого); постепенное осушение наиболее переувлажнённых участков (полосы серого фототона); наличие островов низкорослой растительности (мелкозернистая структура изображения), кроме этого хорошо прослеживается направление стока воды (серые вытянутые вдоль склона пятна).

На снимке (рис. 20) изображено болото на III стадии развития – деградации вследствие организации торфоразработки. Характерно сочетание (наложение) двух рисунков аэрофотоизображения: размытого пятнистого (осушенное грядово-мочажинное болото) и четкого параллельно-линейно-полосчатого (дренажная сеть, осушительные каналы). Растительность (травянистая, кустарниковая, древесная) со временем восстанавливается (зернистый рисунок) сначала вдоль

дренажных канав, а в дальнейшем распространяется по всей площади торфокарьера.

Комплекс дешифровочных признаков динамики природных условий

Изменение природных условий любых районов географической оболочки совершаются непрерывно, но не всегда и не везде одинаково. При этом изменения носят комплексный характер и дифференцированы во времени и пространстве, любой объект или явление в каждый конкретный момент времени есть результат одновременного (прямого или косвенного) проявления комплекса закономерных изменений компонентов природы. Причем, как все предметы и явления, так и каждый из них в отдельности служат показателями реальных стадий развития закономерных природных взаимосвязей.

Установление элементов динамики природных условий конкретной территории (части географической оболочки) во времени и пространстве может быть проведено при изучении известных географических объектов (рельефа, рек, болот, лесов и т.д.), явлений и процессов (тектонических нарушений, аккумуляции, заболачивания, эрозии, дренирования, термокарста и др.), а также климатических показателей.

При дешифрировании динамики природных условий необходимо анализировать комплекс дешифровочных признаков особенностей развития всех природных объектов и явлений в пределах исследуемого участка и выявлять взаимосвязь между ними. Рассмотрим несколько конкретных примеров.

На аэроснимке (рис. 21) зафиксирован интенсивный процесс эрозионного расчленения поверхности тундровой равнины. Хорошо распознаются глубоковрезанные речные долины (1), их оврагоподобные верховья и растущие овраги (2). Глубинная эрозия в верховьях долин способствует дренированию полигональных болот (3) (фототон, характеризующий степень обводненности, меняется от серого до темно-серого в направлении от периферии к центру), которые в данной ситуации имеют тенденция к осушению.

Активизация глубинной эрозии обусловлена, по-видимому, неотектоническим поднятием участка геологической структуры.

На аэроснимке (рис. 22) изображен участок местности, для которого характерны признаки активизации глубинной эрозии. На некотором этапе развития взаимосвязей компонентов природы данный участок уже подвергался эрозионному расчленению, в результате чего образовались крупные овраги (1), которые затем постепенно превратились в балки (в средней и устьевой частях), а их склоны в верховьях заросли густой растительностью. О понижении базиса эрозии в то время свидетельствуют также спрямленные участки русла реки (2) и образование старичного озера (3).

На момент съемки наблюдается усиление эрозионного вреза и образование новых эрозионных форм на месте старых. Это – промоины (4), склоновые овраги (5), донные овраги (6), причем все овраги растущие. Формируется русло притока реки (7).

На аэроснимке (рис. 23) изображен участок местности, для которой характерно густое эрозионное расчленение: гидрографическая сеть, имеющая дендрический рисунок (1), овраги растущие (2) и прекратившие рост (3). Эрозионная сеть

обеспечивает сток воды их термокарстовых озер. На крупных осушающихся озерах образовались террасы (4), мелкие озера полностью осушены и превратились в замкнутые впадины (5) Моховые болота (6) занимают небольшие площади. Наглядно проявляются признаки неотектонического поднятия.

На аэроснимке (рис. 23) изображен участок местности с большим количеством озер. Многочисленные крупные и мелкие термокарстовые озерные котловины и всевозможные понижения заполнены водой (1). Реки, связанные с озерами, не обеспечивают стока, в их руслах образуются озеровидные расширения (2). На болотах образуются вторичные озера (3). В пределах поймы крупной реки с большим количеством меандр распространены старичные озера серповидной формы, также заполненные водой (4). Междуречья заболочены. Прослеживаются признаки неотектонического опускания.

Использование информации о динамике природных процессов и объектов

Изучение новейших структурных элементов.

Проявления новейшей тектоники (поднятия, опускания, разрывы) в различных ландшафтах имеют характерные физиономические особенности и фиксируются на аэроснимках. На снимках выделяются индикаторы новейших тектонических движений. Так, например, индикаторами локальных поднятий являются: интенсивное эрозионное расчленение поверхности, проявление признаков спрямления русел рек, осушения озерных котловин; индикаторы локальных опусканий – широкая распространение переувлажнённых озёрных котловин, резкое расширение речных долин, появление признаков меандрирования русел рек, увеличение заболоченных площадей; индикаторы разрывных нарушений – относительно протяжённые прямолинейные участки долин водотоков разных порядков, линейно вытянутые озера.

Анализ развития природных процессов и объектов по разновременным аэроснимкам позволяет определить динамику положительных или отрицательных структурных элементов (поднятий или опусканий), что имеет большое практическое значение для поиска и разведки полезных ископаемых.

Аэрокосмический мониторинг.

Современные дистанционные методы позволяют получать информацию о закономерностях изменений взаимосвязей компонентов природы в различных регионах во времени и пространстве. Использование аэрокосмических средств для наблюдения за динамикой природной среды предусматривает аэрокосмический мониторинг, цель которого – выявление компонентов природы, наиболее подверженных антропогенному воздействию, фиксация и анализ катастрофических (чрезвычайных) ситуаций, прогнозирование изменений состояния природной среды методом повторных наблюдений.

В данном случае материалы однократной аэрофотосъемки могут быть использованы для выявления качественных характеристик и тенденций изменений природных объектов и явлений, их сравнения, установления примерных границ динамически разноточных районов, планирования наземных полигонов для наблюдений и участков для производства повторных съемок.

Наземные наблюдения позволяют уточнить особенности взаимодействия природных объектов и процессов с техническими сооружениями.

Материалы повторных аэрофотосъемок могут быть затем использованы для определения количественных показателей динамики, установления закономерностей и прогнозирования происшедших изменений.

Космические снимки могут быть использованы для анализа динамики не только отдельных объектов, но природных районов, экстраполяции данных, полученных при изучении аэрофотоматериалов и наземных наблюдениях, районирования и картографирования на основе комплекса сведений о динамике природной среды.

Результаты исследования по материалам космической съемки природных объектов, динамика которых приводит к чрезвычайным ситуациям, а также описание стадий развития и их дешифровочных признаков приведены ниже и в таблице 1(по материалам (27)).

Вулканы

Вулканизм - одно из самых грозных явлений природы. Извержения могут сопровождаться землетрясениями (а в океане - огромными волнами-цунами).

Регулярное, с определённой периодичностью, слежение из космоса за активностью вулканов в целом на планете представляет научную и практическую экологическую задачу. Дистанционный мониторинг важен для выявления начала извержения, предупреждения о нём и контроля основных стадий его развития.

По материалам дистанционных съёмок можно определить изменения в степени вулканической активности, выявить направление движения лавы по склонам вулкана, определить положение главных и побочных (паразитических) кратеров и конусов, подсчитать площадь, занятую продуктами извержения на каждом этапе его активности и т.д.

Одним из основных признаков извержения вулканов являются тучи раскалённых газов и пепла над кратером и излияние лавы в виде потоков. На раскалённых участках конуса отсутствует снег (рис. 25).

Ледники пульсирующие

Среди горных ледников, в которых лёд обычно движется очень медленно (со скоростью, исчисляемой десятками метров в год) существуют пульсирующие, периодически быстро продвигающиеся вперёд иногда на несколько километров. Во время подвижки ледяная громада, состоящая из ледяных блоков, наступает со скоростью, достигающей десятков и сотен метров в сутки. Такой ледник опасен, он сметает всё на своём пути, перегораживает реки, на которых образуются подпрудные озёра, при прорывах угрожающие наводнениями в речных долинах. Через некоторое время ледник останавливается, его конец разрушается и отступает. Этот период в жизни ледника (стадия восстановления) продолжается до тех пор, пока не накопится "критическая" масса льда, и тогда ледник снова двигается вперёд (стадия подвижки). Общая причина быстрых подвижек пульсирующих ледников — нарушение динамического равновесия ледника, вызванное превышением массы льда, поступающей из его верховьев, над его расходом в нижних частях.

Для исследования пульсирующих ледников целесообразно использовать (и широко применяются в гляциологии) аэрокосмические съёмки разных масштабов и периодичности.

Космические снимки высокого разрешения используются для измерения скорости движения льда.

Главные признаки подвижки ледника на КС - тёмный цвет конца ледника, появление большого количества трещин на теле ледника и изменение планового положения каплевидной формы его конца, появление подпрудных озёр, большое количество поперечных трещин в месте выхода ледника из области питания, увеличение ширины ледника.

Ледники успешно выявляются на многозональных снимках, при этом наиболее эффективна красная часть спектра (рис. 26).

Наводнения

Многозональные космические снимки позволяют осуществлять гидрологический мониторинг, в частности следить за ходом весеннего половодья. По снимкам могут быть получены данные о площади затопления, фазах развития и спада половодья на обширных территориях.

Дешифрируются паводковые течения, выявляются этапы затопления поймы. Тёмный фон изображения хорошо контрастирует с сушей и позволяет по прямым дешифрированным признакам определять границы гидрографии, при этом используются как цветные синтезированные снимки (наиболее оптимальны красная, зелёная и ближняя ИК зона), так и чёрно-белые (голубая, красная и ближняя ИК зона). Предпочтительнее работать с увеличенными снимками.

Поводковые воды сходят неравномерно, что связано с чередованием расширенных и суженных участков поймы. Чётко выделяются затопленные (на момент съёмки) участки поймы, участки поймы, освободившиеся от воды в начале спада половодья, а затем и участки поймы, освободившиеся от воды в конце стадии половодья.

Каждый элемент поймы имеет свои дешифрированные признаки. Основным признаком является изменение тона изображения как в сторону осветления и уменьшения размеров тёмных пятен, так и наоборот (рис. 27).

Сейсмические явления

Сейсмические явления являются индикаторами сильных землетрясений, сеймотектоники. Они делятся на две группы: сейсмодислокации - трещины в земной коре различной формы, размеров и сейсмогравитационные нарушения - оползни, обвалы, лавины, вызванные сотрясениями, перемещением отдельных блоков или целых массивов пород.

Характер и облик подобных дислокаций зависят от их возраста, энергии землетрясения, климатических условий, строения рельефа, мощности и состава горных пород, гидрологических условий.

Сейсмодислокации отражают выход сейсмического очага на поверхность.

Свежие сейсмодислокации имеют вид прямолинейных трещин или серии трещин, расположенных параллельно. Ширина таких зон изменяется от нескольких метров до 1-2 км, протяжённость десятки сотни километров. На

склонах дислокации имеют вид системы извилистых линий, иногда распадающихся на систему мелких трещин.

Древние сейсмодислокации имеют иной облик. Это линейные структуры типа рвов или канав шириной до нескольких метров с оплывшими, задернованными краями. Имеют более тёмный фототон, чем окружающая местность.

Для более надёжного выделения поверхностных деформаций, вызванных сейсмическим событием, целесообразно производить сопоставление космических изображений, сделанных до и после землетрясения, (рис. 14).

Сели

Сели – водо- или грязекаменные потоки, образующиеся в горах при интенсивных ливнях, бурном таянии ледников и снежников, прорывах завалов в долинах ручьев. Часто сели имеют катастрофический характер, вызывая разрушения населенных пунктов и инженерных сооружений в долинах или в местах их выхода на предгорные равнины. Они оставляют здесь переносимый материал, образуя обширные конусы выноса.

Сель - явление кратковременное, фиксировать его прохождение и изучать динамику с помощью аэрокосмических методов затруднительно. По снимкам можно выявлять селеопасные районы (по следам прошедших ранее селей); изучать природные условия и геологическое строение этих районов; наблюдать за источниками поступления в долины воды и твердого материала. При выявлении селеопасных районов важнейшим признаком являются следы прошедших ранее селей. Это селевые накопления, заполняющие расширенные участки долин рек или образующие конусы выноса в устьях при выходе на предгорные равнины или межгорные котловины.

Свежие селевые накопления, полностью лишённые растительности, изображаются на снимках очень светлым тоном, древние, покрытые почвенным и растительным покровом, более темным. Древние обычно расчленены эрозионными формами. Грязекаменные сели имеют характерный выпукло-волнистый, петлеобразный рисунок. Для наблюдения за развитием геологических процессов, влияющих на формирование селей, желательно использовать материалы повторных съёмок.

Лесные пожары

Изучение космических снимков показало, что с их помощью уверенно обнаруживается горящий лес, если площадь, охваченная огнём, превышает 100 га. Менее обширные пожары обнаруживаются лишь в том случае, если они порождают много дыма.

Основные дешифрованные признаки лесных пожаров - форма и размеры дымовых шлейфов и конвекционных колонок. Низовые пожары различают по дымовым шлейфам.

У пожаров слабой интенсивности они напоминают перистую облачность, но отличаются от неё характерной конусовидной формой шлейфа, вытянутого по направлению ветра. Шлейф дыма имеет максимальную яркость в тыловой части, постепенно убывающую к фронту и флангам.

У крупного низового пожара высокой интенсивности шлейф дыма напоминает однородную по структуре и яркости слоистую облачность.

Верховые пожары имеют конвекционную колонку (обычно на фоне шлейфа дыма), изображающуюся на КС в виде светлого пятна, которое соответствует положению кучевого облака, венчающего конвекционную колонку.

При обнаружении факелов лесных пожаров эффективно проявила себя многозональная съёмка (рис. 28).

Экологические исследования.

Объектом экологических исследований является ситуация, которая характеризуется негативными изменениями природы, что служит причиной снижения средо-ресурсоформирующих свойств ландшафтов, истощения или потери природных ресурсов, ухудшения условий жизни и здоровья населения. Экологическая ситуация включает как неблагоприятные изменения природы (загрязнение, засоление, нарушение и т.п.), так и социальные, в том числе антропоэкологические и экологические последствия, и является результатом взаимодействия природы и общества.

Выявление экологических ситуаций проводится на базе географического (пространственного и временного) анализа особенностей использования территории, технологии производства, с одной стороны, и устойчивости и потенциала ландшафта – с другой. Экологическая ситуация возникает в том случае, если суммарная антропогенная нагрузка превышает устойчивость ландшафтов, их способность к самовосстановлению, самоочищению и т.д. Экологические ситуации имеют различное пространственное выражение (площадное, линейное, точечное и т.п.) и степень остроты.

Для анализа экологической ситуации используют информацию о природных компонентах и антропогенных составляющих. В том числе необходимыми являются сведения: о естественной динамике природных объектов и возможных их воздействиях на технические сооружения (в частности, динамика оползней, оврагов, речных русел, карста, процесса заболачивания, развеивания грунтов и др.); о динамике природных объектов при взаимодействии с техническими сооружениями (часто являющимися стимуляторами неблагоприятного развития природных процессов). Оценка степени изменения природных объектов и технических сооружений позволяет выбрать и обосновать систему экологического контроля.

В каждой природной зоне в результате антропогенного воздействия на природные компоненты возникают типичные и непредвиденные неблагоприятные экологические ситуации.

В таблице 2 приводятся обобщенные сведения о видах антропогенного воздействия, связанной с ним динамике природных объектов и процессов в разных природных зонах и возможностях использования космических снимков в экологических целях.

Дешифрирование аэрокосмической информации при изучении антропогенно-стимулированных процессов предполагает совместный анализ аномально изменённых рисунков фотоизображения естественных ландшафтов.

Составление карт и схем динамики природных условий

На карте (схеме) хода развития (динамики) природы должны выявляться площади, сходные или различные не по какому-либо одному из компонентов природы или по совокупности морфологических признаков, а по особенностям

хода развития их природных условий. Для каждого участка, выделенного на карте, обязательным являются не только определенные сочетания геолого-геоморфологических и биолого-климатических показателей, но, прежде всего показатели хода развития их природных условий (17).

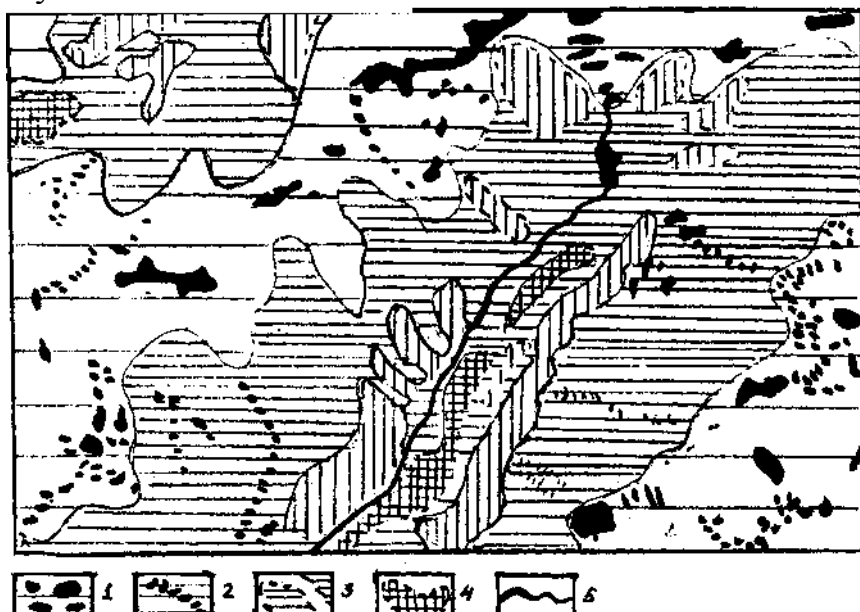
В основу карт динамики природных условий должны быть положены топографические карты. Они позволяют достаточно полно составить географические характеристики картографируемого региона и выявить основные типологические особенности морфологии природных условий. Дополнением к избранной топографической нагрузке являются контуры и отдельные условные знаки, показывающие места и, характер коренных качественных изменений в данной географической обстановки, а также количественные выражения этих изменений. Объяснения контуров и знаков даются в легенде.

Обширная по объему предварительная работа по составлению карт динамики природных условий сводится к анализу хода развития в пределах ключевых участков, обработке аэрофотоматериалов и крупномасштабных картографических материалов.

Метод составления карт динамики природных условий, а также схемы районирования территории (на примере севера Западно-Сибирской равнины) с учетом условий хода развития ее природы подробно описан в работе (17).

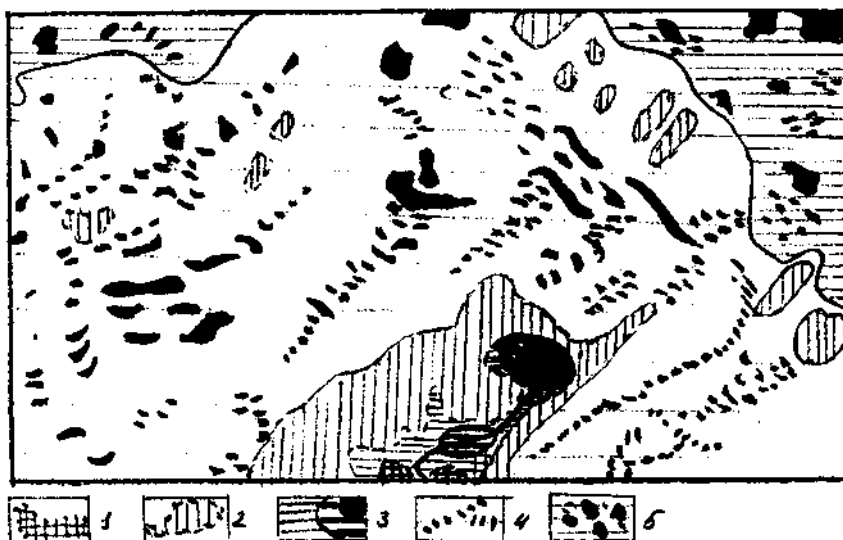
Примеры содержания схем динамики природных условий для участков местности, составленных в результате дешифрирования аэроснимков приводятся ниже. На схемах представлены два участка одного и того же олиготрофного болотного массива (16). Их внешние морфологические признаки аналогичны. На всех картографических материалах они отображаются однородными условными знаками. В действительности эти участки одного и того же болота с диаметрально противоположными условиями развития. Однотипные природные образования с однородными до некоторой степени морфологическими признаками позволяют на одном болотном массиве выявить диаметрально противоположные стороны развития взаимосвязей компонентов природы, сложные условия развития болота.

На первом участке (схема 1) болото развивается в условиях переувлажнения, сокращения поверхностного стока, уменьшения дренирующей роли реки. На втором участке (схема 2) болото развивается в условиях прогрессивного дренирования, осушения.



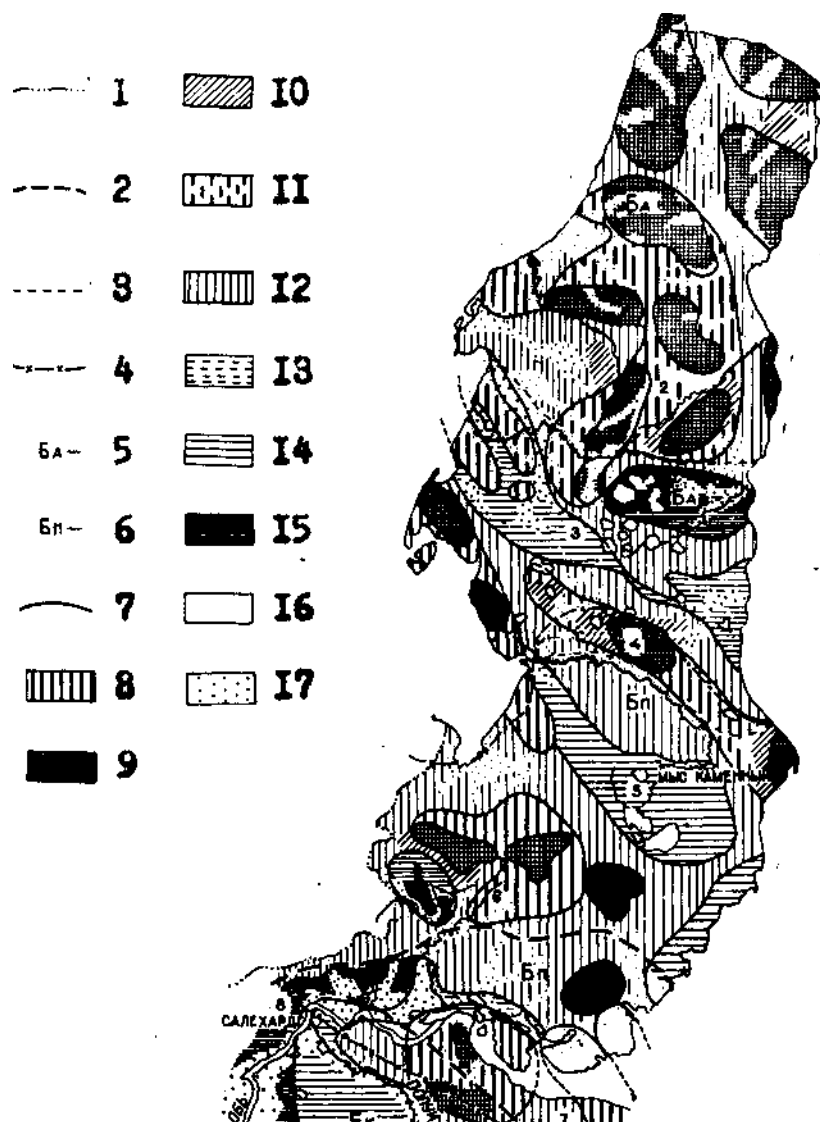
- 1 - площади олиготрофного градово-мочажинного болота, с увеличивающимися в размерах вторичными озерами на сильно переувлажненных площадях водоразделов;
- 2 - переувлажняющееся градово-мочажинное болото, на котором цепочка вторичных озер локализуется в местах захоронения торфяниками бывших речных долин – притоков стареющих рек;
- 3 - массивы угнетенных сосновых лесов;
- 4 - слабо дренируемый лес;
- 5 - стареющее русло реки.

Схема 2.



- 1 - развивающиеся леса, приуроченные к хорошо осушающимся приречным площадям;
- 2 - массивы угнетенного леса;
- 3 - осушающиеся озерные котловины;
- 4 - цепочка линейно ориентированных вторичных озер, расположенных в зоне дренирования;
- 5 - участки болота, активное дренирование которых морфологически еще не проявляется.

Выявленные качественные и количественные различия современного хода развития и тенденций формирования природных взаимосвязей выделяемых регионов могут быть положены в основу при разработке карт и схем природного районирования.



Фрагмент карты районирования севера Западно-Сибирской равнины с учетом хода развития (динамики) ее природы (автор Орлов В.И.)

1 – граница Западно-Сибирской равнины; 2 – граница тундр; 3 – границы северных, средних и южных тундр; 4 – границы болотных провинций; 5 – провинция арктических минеральных осоковых болот; 6 – провинция плоскобугристых торфяников; 7 – контуры динамически разнзначных районов; районы с прогрессирующими процессами денудации: 8 – выражены четко, активно дренируемые площади; 9 – без заболоченных водоразделов; 10 – с заболоченными водоразделами; 11 – выражены слабо; 12 – районы с преобладающими процессами денудации; районы с преобладающими процессами аккумуляции: 13 – выражены слабо; 14 – выражены четко; 15 – районы с прогрессирующими процессами аккумуляции; 16 – поймы в районах со слабыми процессами аккумуляции; 17 – поймы в районах с сильными процессами аккумуляции.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Выполнению задания студентами предшествует объяснение по теме и изучение данного учебного пособия. Каждый студент получает аэрофотоснимки и выполняет работу, используя методику анализа динамики объектов по материалам однократной аэрофотосъемки.

Дешифрирование динамики рекомендуется выполнять в определенной последовательности. Прежде всего, необходимо установить тип аэроснимков, дату съемки, масштаб. Затем следует приступить к выявлению природных объектов и их элементов на аэроснимке (визуально или с помощью стереоскопов и увеличительных луп), используя известные дешифровочные признаки.

Далее необходимо выявить стадии развития объектов по различиям аэрофотоизображений, т.е. установить, какое состояние объектов и их элементов зафиксировано на аэроснимке, а затем и тенденцию развития объектов и участка местности в целом (для этого использовать материал лекции).

При этом необходимо помнить, что определенное сочетание природных объектов, характерное для того или иного участка, является признаком различий в их развитии, т.к. в каждый конкретный момент развития любой зафиксированный на аэроснимке природный объект свидетельствует об особенностях конкретного хода развития (во времени и пространстве) как самого объекта, так и той природной обстановки, в которой он развивается.

Результаты дешифрирования представляются в виде краткой характеристики динамического состояния объектов, их дешифровочных признаков и участка местности, изображенного на аэроснимке, а также схемы динамики объектов (в масштабе снимка).

Для составления схемы разрабатываются условные знаки, которые должны логично отобразить тенденцию развития объектов, например, линии разной толщины, цвета разной насыщенности. Идентичные объекты, различающиеся по динамическому состоянию, могут быть показаны одним условным знаком, по рисунку, но отличаться цветом и т.д.

Схема составляется на кальке (или ксерокопии) в масштабе аэроснимка. Она может быть выполнена в черно-белом штриховом варианте или в цветном. Под схемой должны быть расположены систематизированные условные знаки.

Описание участка местности, изображенного на аэроснимке может быть составлено по следующему плану:

1. Географические объекты, изображенные на аэроснимке.
2. Генетические и морфологические особенности объектов.
3. Преобладающие экзогенные процессы.
4. Характеристики динамического состояния объектов и описание их дешифровочных признаков.
5. Предположения о причинах изменений, происходящих с объектами и тенденции их развития.

Примеры описаний и их схем по снимкам представлены в тексте.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

№№ пп	Наименование работы
1	Дешифрирование динамики речных русел. Составление схем и описания.
2	Дешифрирование динамики оврагов. Составление схем и описания.
3	Дешифрирование динамики карстовых объектов. Составление схем и описания.
4	Дешифрирование динамики эоловых форм рельефа. Составление схем и описания.
5	Дешифрирование динамики криогенных объектов. Составление схем и описания.
6	Дешифрирование динамики болот. Составление схем и описания.
7	Дешифрирование динамики природных условий. Составление схем и описания
8	Контрольная работа

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабаев А.М., Николаев В.В. Использование повторной аэрофотосъемки для изучения динамики пустынной растительности. "Проблемы освоения пустынь". Ашхабад, 1984, №2.
2. Баранова А.К., Зубенко Ф.С. и др. Изучение физико-геологических процессов на побережьях и берегах водохранилищ по аэроснимкам (методическое пособие). Л. "Наука", 1967.
3. Верещака Т.В., Зверев А.Т. и др. Визуальные методы дешифрирования. М., "Недра", 1990.
4. Гудилин И.С., Комаров И.С. Применение аэрометодов при инженерно-геологических и гидрологических исследованиях. М., "Недра", 1978.
5. Джерпетов И.В. Значение сравнительного анализа разногодичных аэрофотоснимков при крупномасштабных ландшафтных и почвенно-эрозионных исследованиях. "Ландшафтный сборник", МГУ, 1970.
6. Джерпетов И.В. Из опыта ландшафтного дешифрирования разновременных аэрофотоснимков. Вестн. МГУ, №7, 1975.
7. Жданов В.С. Использование материалов повторных аэрофотосъемок для изучения динамики овражно-балочной сети. Тр. Гос. гидрологического ин-та. Л., вып.232, 1977.
8. Киенко Ю.П. Основы космического природоведения. М., Геодезиздат, 1999.
9. Константинова Г.С. Дешифрирование мерзлотных форм рельефа и мерзлотных явлений тундровых равнин. Вестн. МГУ, сер. география, 1968, №1.
10. Косов Б.Ф. Определение интенсивности роста оврагов камеральным путем. Количественные методы в геоморфологии. М., 1963, вып. 63.
11. Книжников Ю.Ф. Аэрокосмический мониторинг (современное состояние и перспективы). В сб.: Аэрокосмические и наземные исследования динамики

природных процессов Сибири. Иркутск, 1984.

12. Книжников Ю.Ф. Принципы и методы аэрокосмических исследований динамики географических явлений. Автореф. диссерт. на соиск. уч. степ. докт. географ. наук. М., МГУ, 1986.
13. Книжников Ю.Ф. Динамическое аэрокосмическое зондирование. Состояние, проблемы, область применения. Вест. МГУ, сер. география, 1985, №4.
14. Мазур И.И., Молдаванов О.И. Введение в инженерную экологию. М., "Наука", 1989.
15. Миртова И.А. Использование материалов повторной аэрофотосъемки для изучения динамики природных объектов и явлений (на примере Севера Западной Сибири). "Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка". М., МИИГАиК, 1990, №5.
16. Орлов В.И. Типизация болот по особенностям динамики их развития. "Типы болот СССР и принципы их классификации". Л., "Наука", 1974.
17. Орлов В.И. Анализ динамики природных условий и ресурсов. М., "Наука", 1975.
18. Орлов В.И., Соколова Н.В. Изучение динамики болот с использованием аэрофотоматериалов. "Методы изучения болот и их охрана". (Материалы конференции), Вильнюс, 1986.
19. Орлов В.И. Динамическая география. М., "Научный мир", 2006.
20. Попов И.В. Исследование закономерностей развития руслового процесса по аэрофотоснимкам. Тр. Гос. гидрологического ин-та. Л., 1977, вып.232.
21. Протасьева И.В. Аэрометоды в геокриологии. М., "Наука", 1967.
22. Садов А.В. Изучение экзогенных процессов аэроландшафтным методом. М., "Недра", 1978.
23. Савиных В.П., Малинников В.А., Сладкопевцев С.А., Цыпина Э.М. География из космоса. М., МГУГиК, 2000.
24. Фиалков Д.Н. Некоторые возможности использования повторных аэросъемок при изучении изменений в условиях физико-географической среды. Изв. Омского отдела ГО СССР, вып.7(14), 1965.
25. Червяков В.А. Определение скорости роста оврагов при помощи аэрофотоснимков. "Вестник МГУ", 1963, №1.
26. Чикишев А.Г. Применение аэрометодов в карстоведении. "Геоморфология", №1, 1973.
27. Атлас "Космические методы геоэкологии". М., Географический ф-т МГУ, 1998.

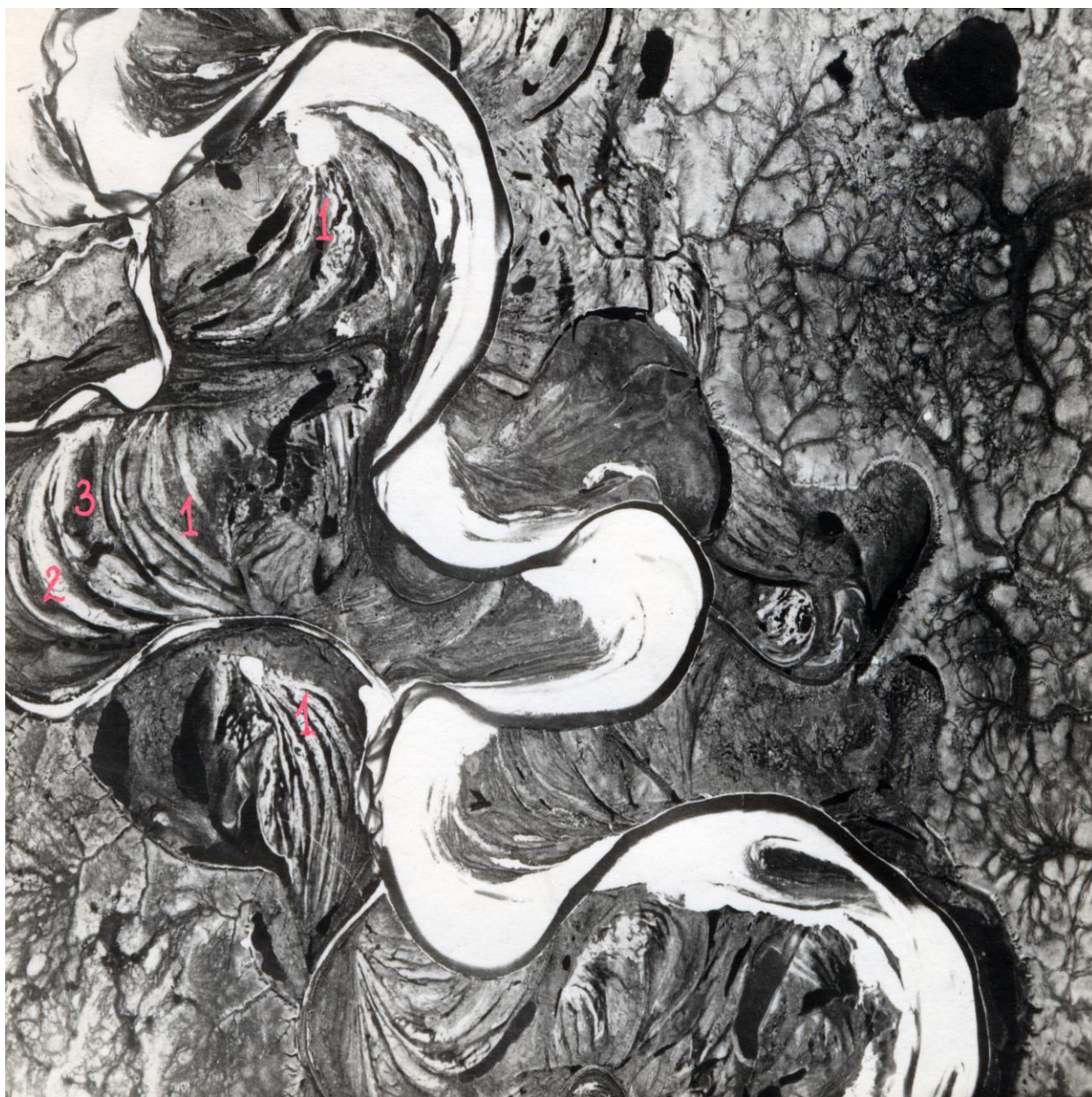


РИС.1

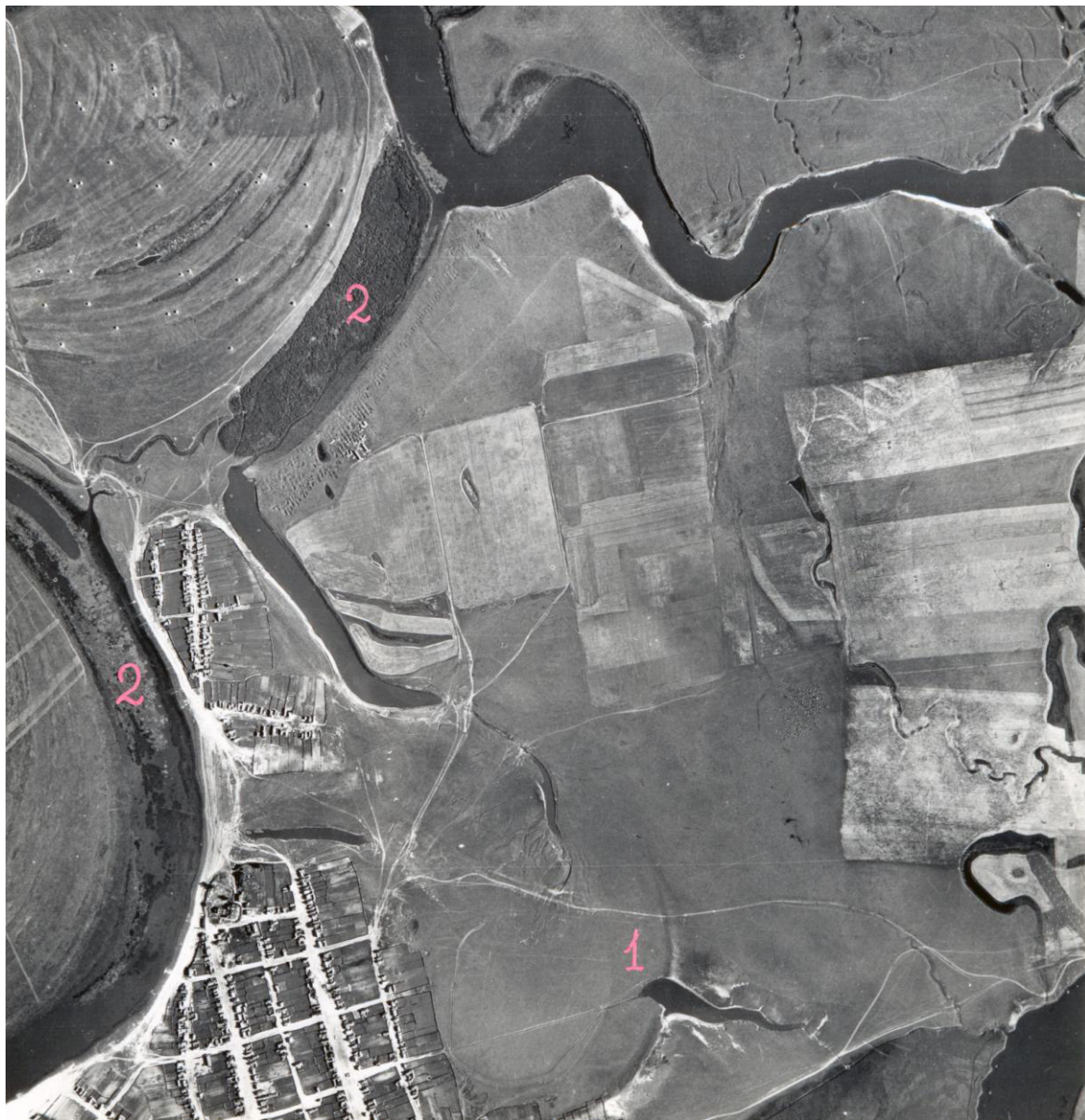


РИС.2

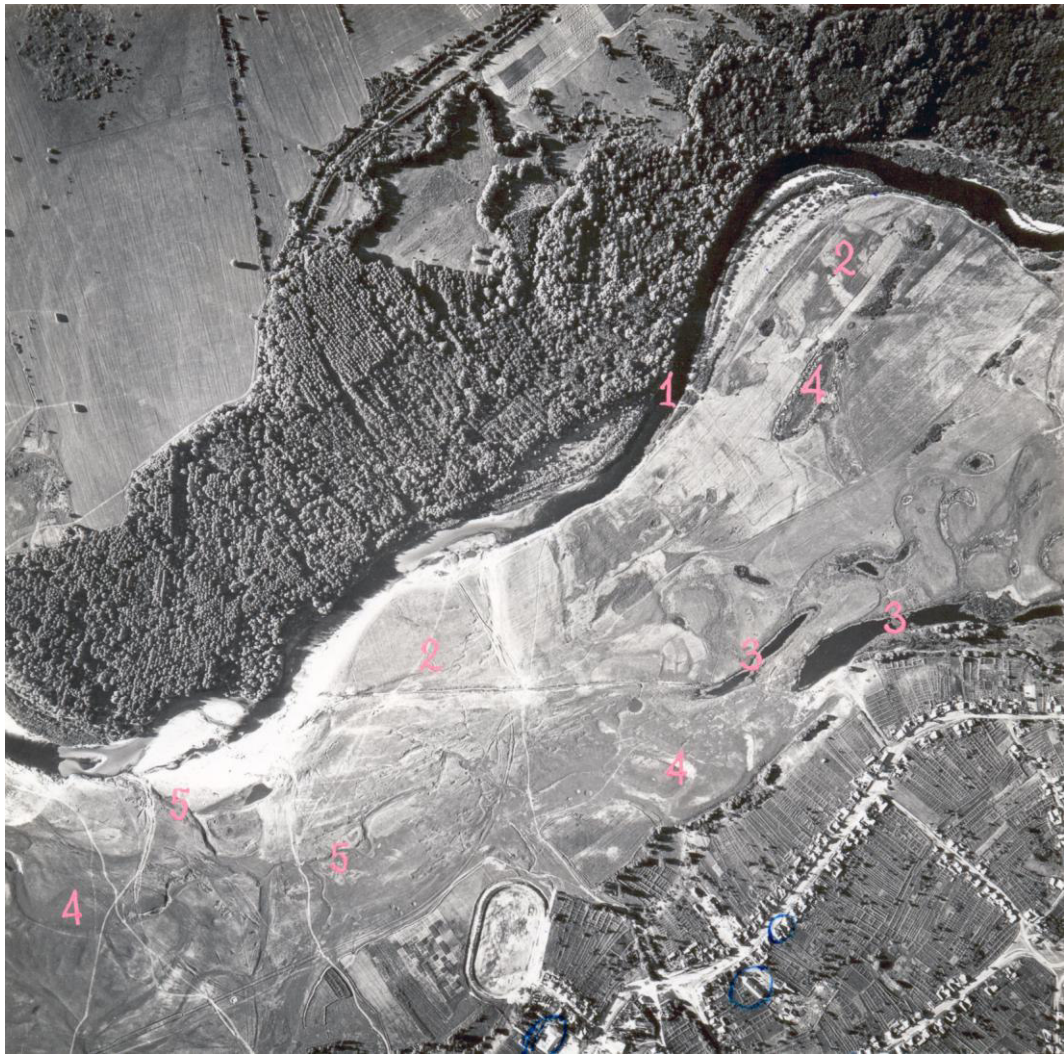


РИС.3

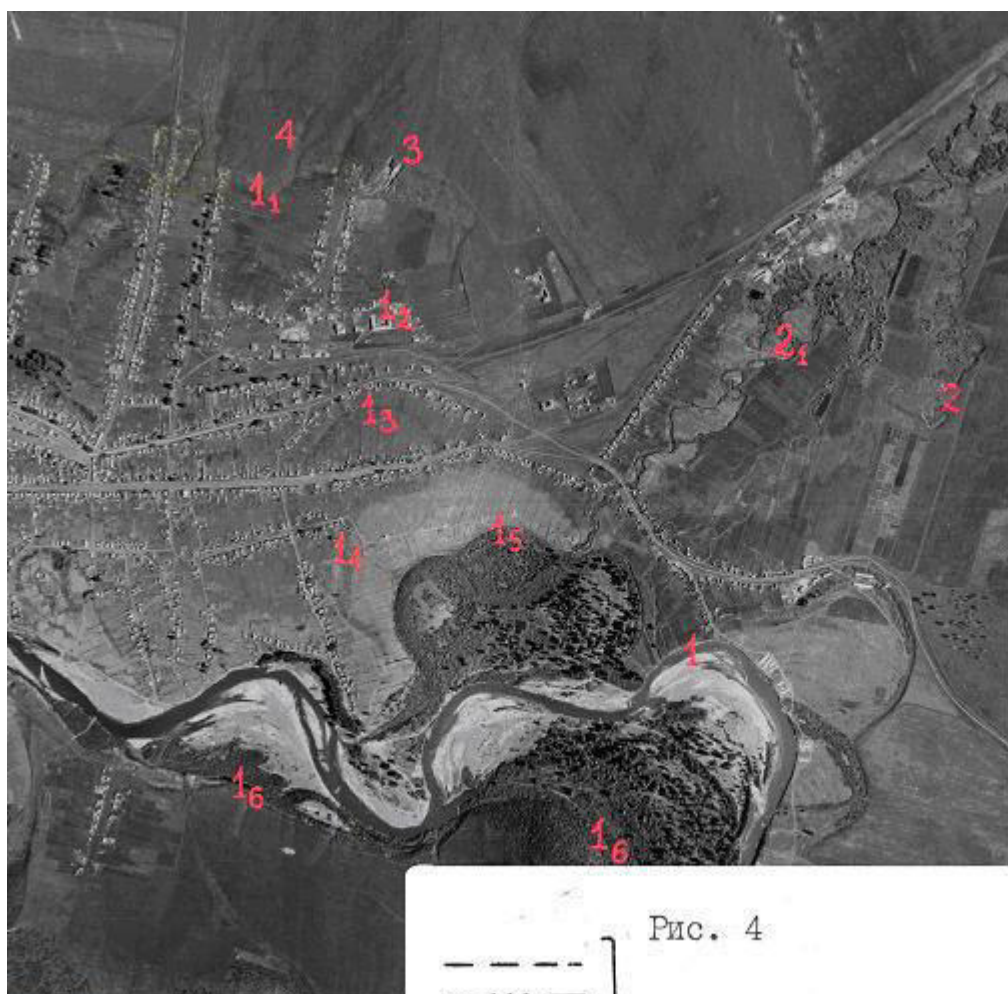
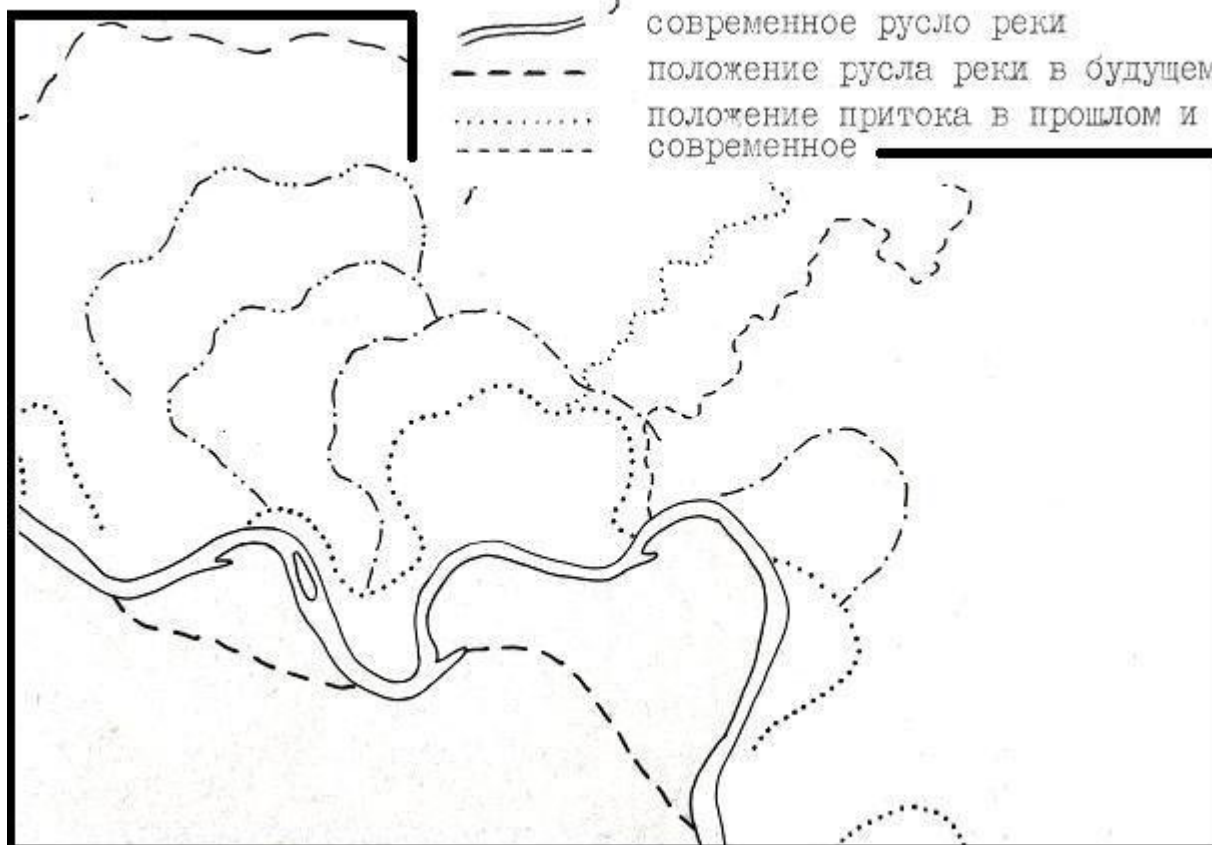


Рис. 4

- | | |
|--|---|
| | } положение русла реки в прошлом

современное русло реки |
| | |
| | положение русла реки в будущем
положение притока в прошлом и современное |



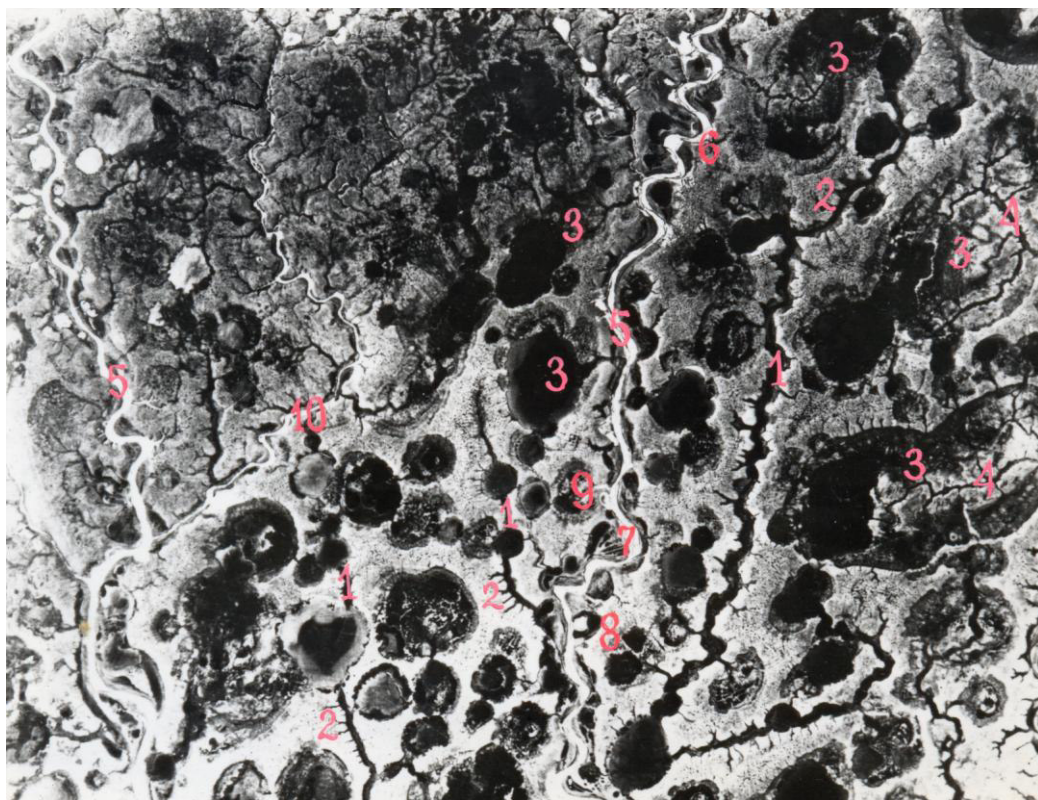


РИС.5



РИС.6



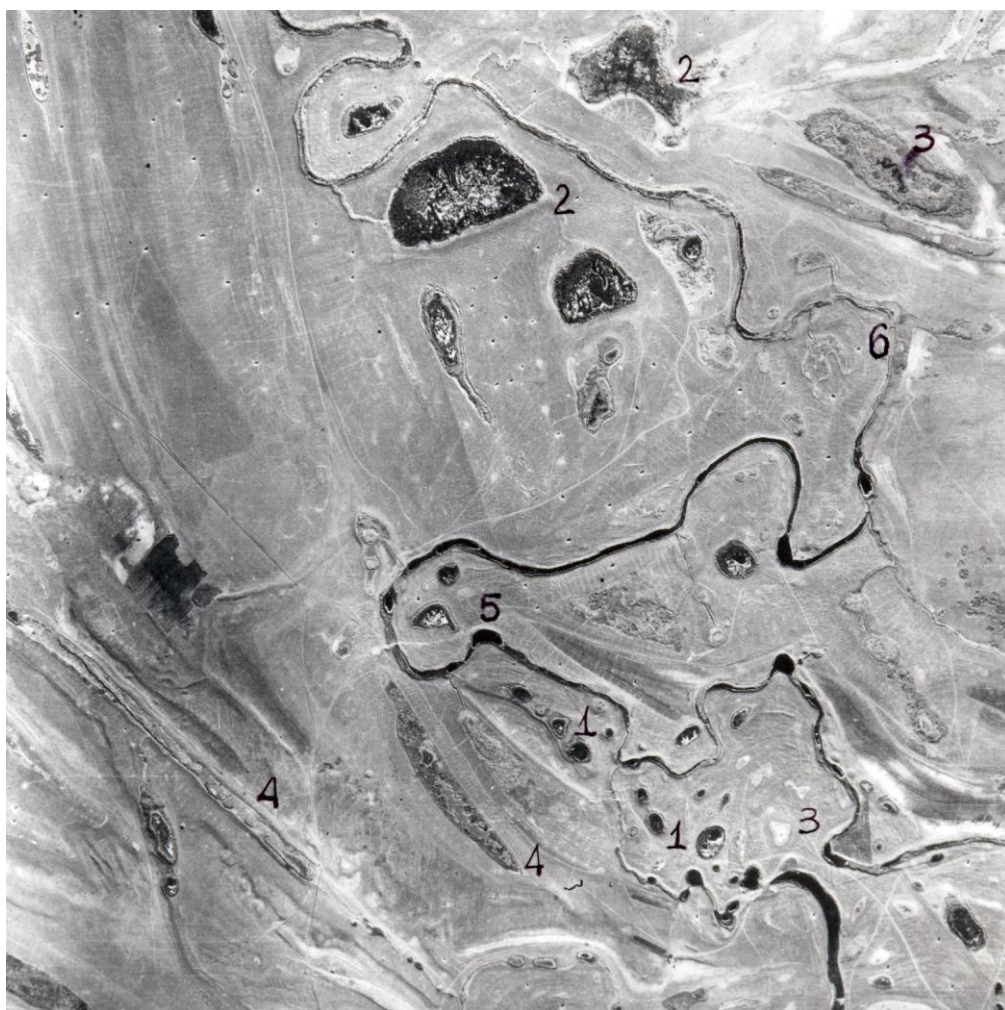


РИС.8

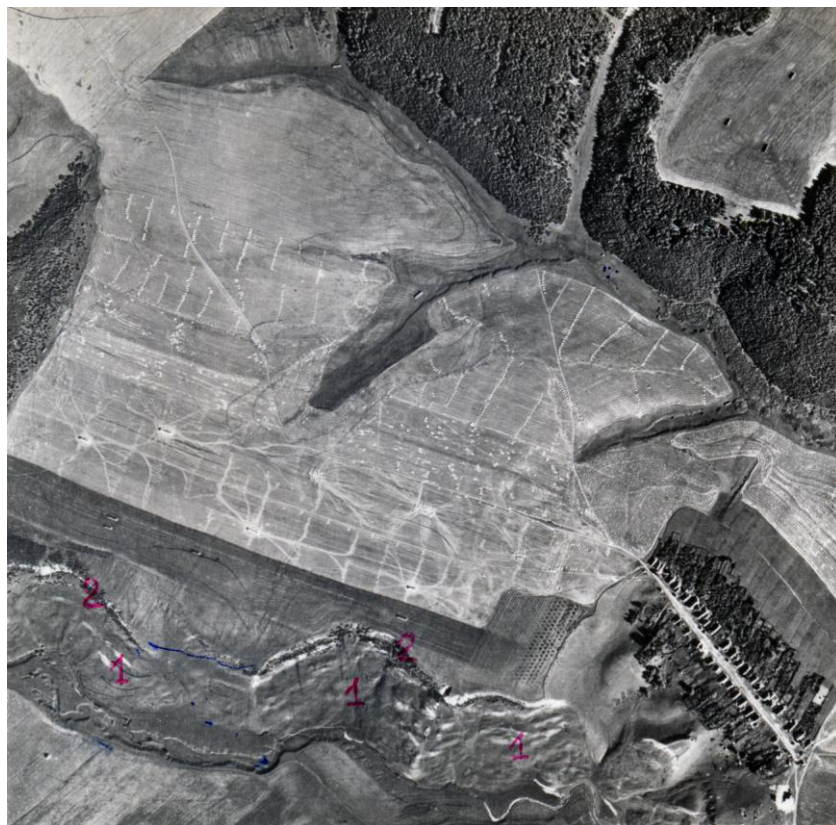


РИС.9



РИС.10



РИС.11

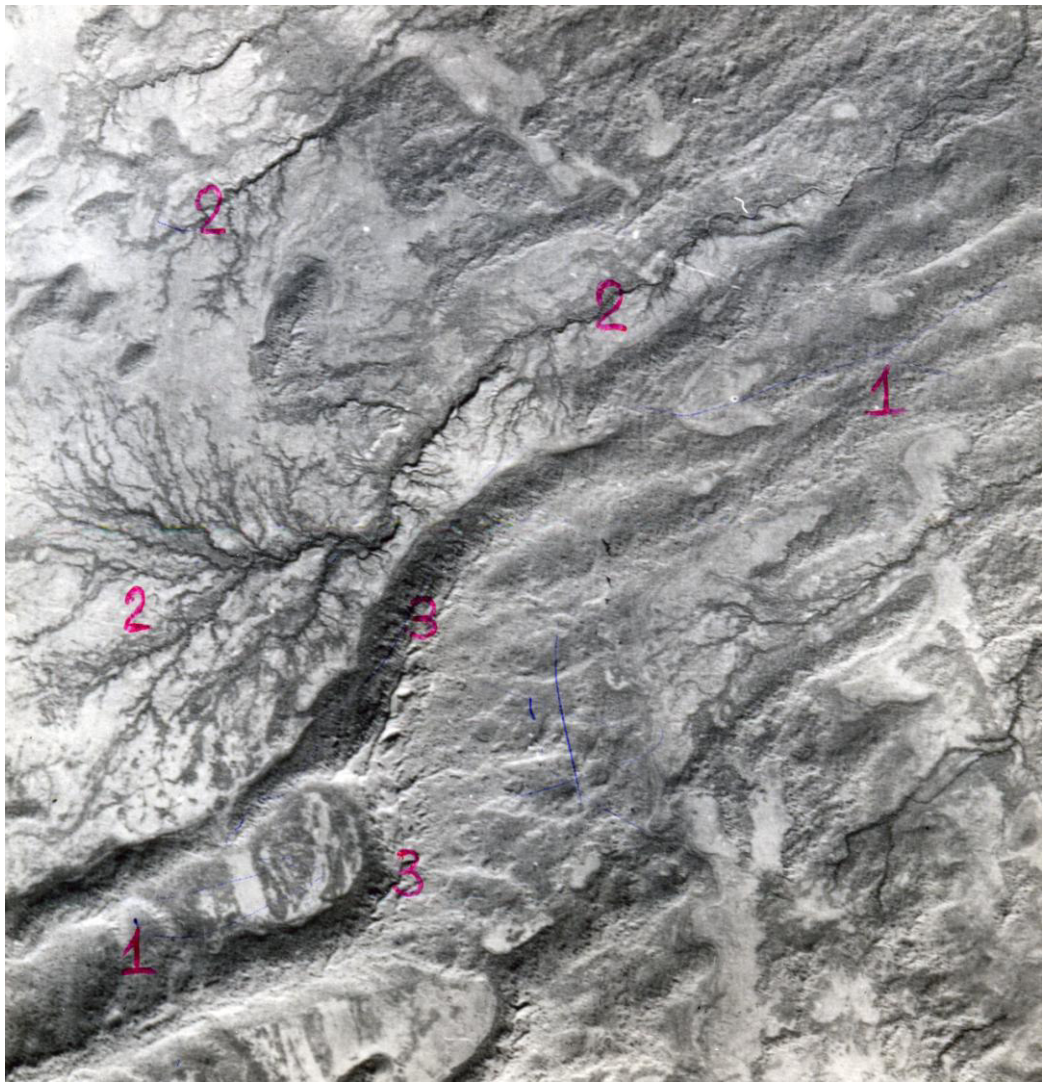


РИС.12

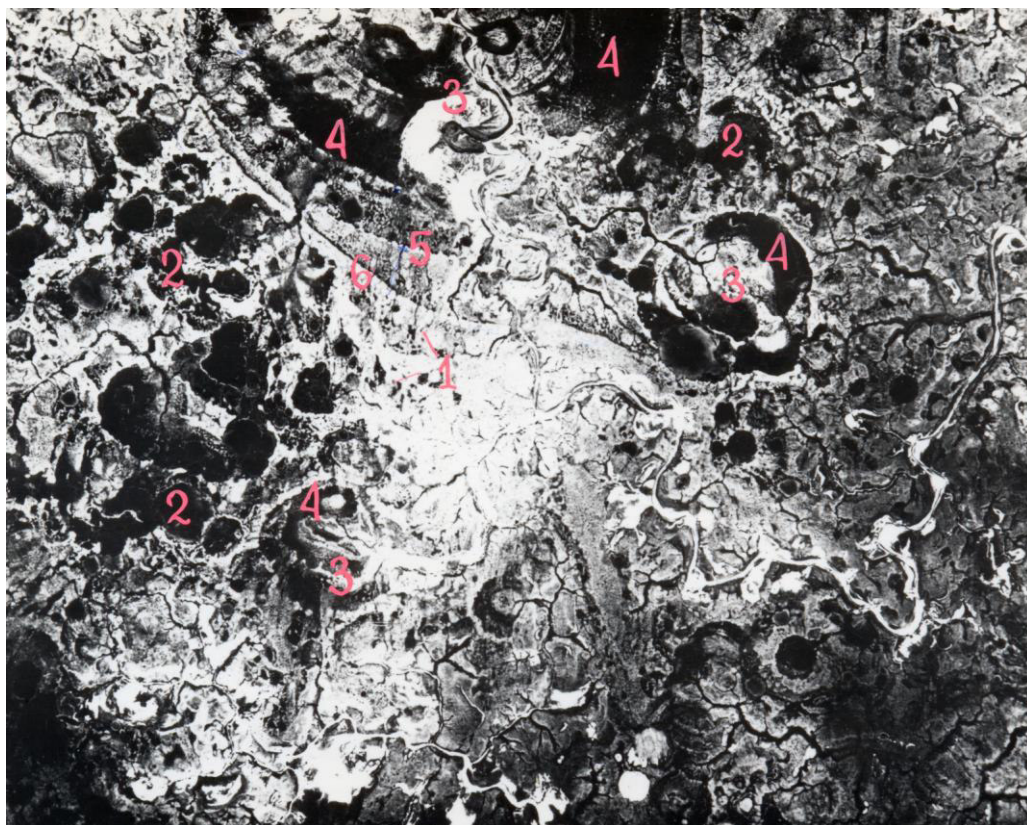


РИС.13

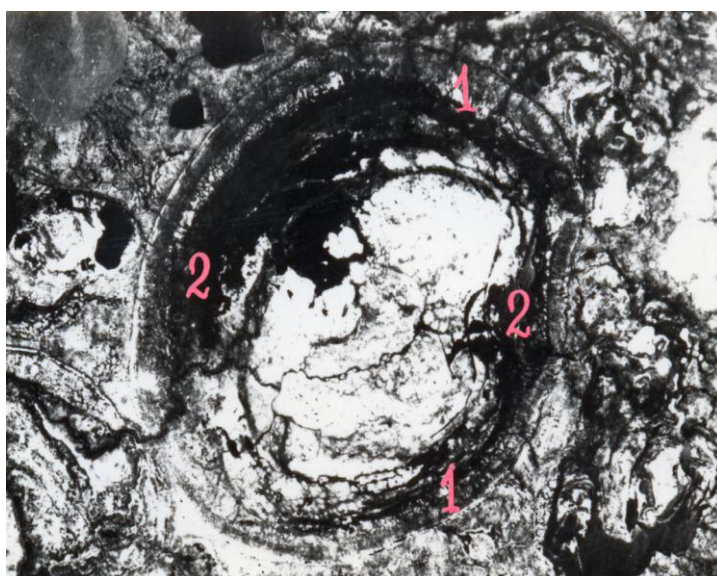
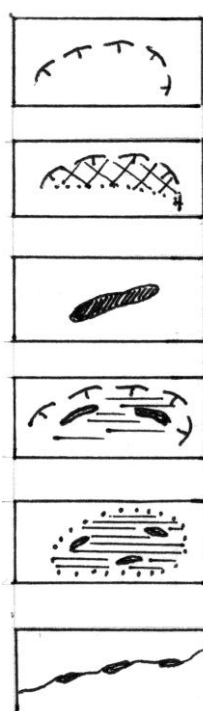
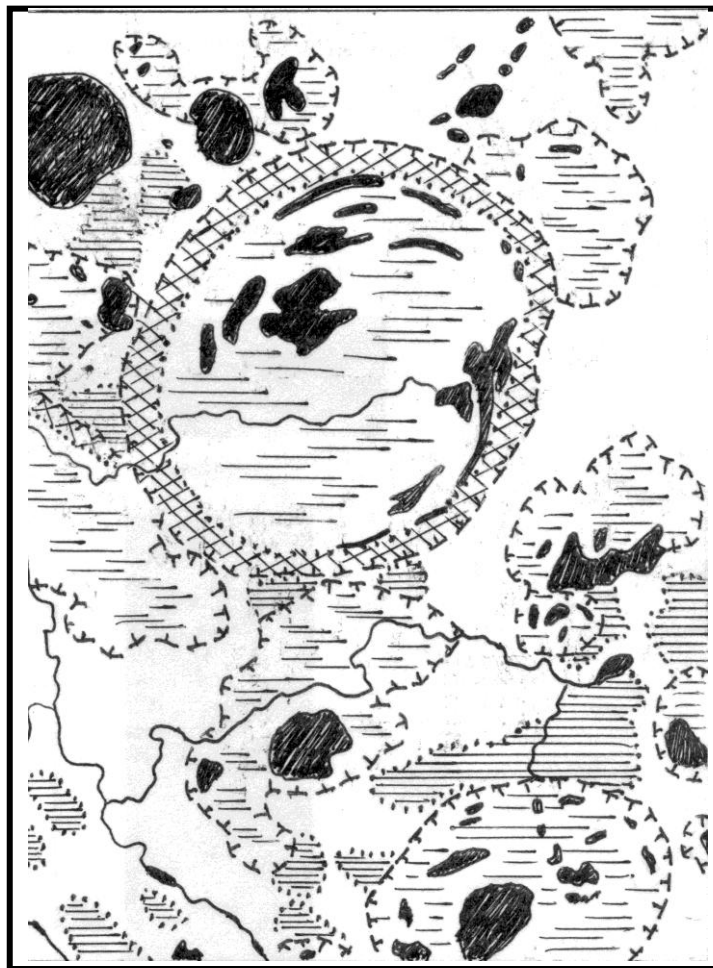


РИС.14



Водные поверхности в пределах озёрных котловин

**Переувлажняющиеся озёрные котловины
(испытывающие подтопление)**

**Переувлажняющиеся плоскобугристые торфяники с
вторичными озёрами**

РИС.15

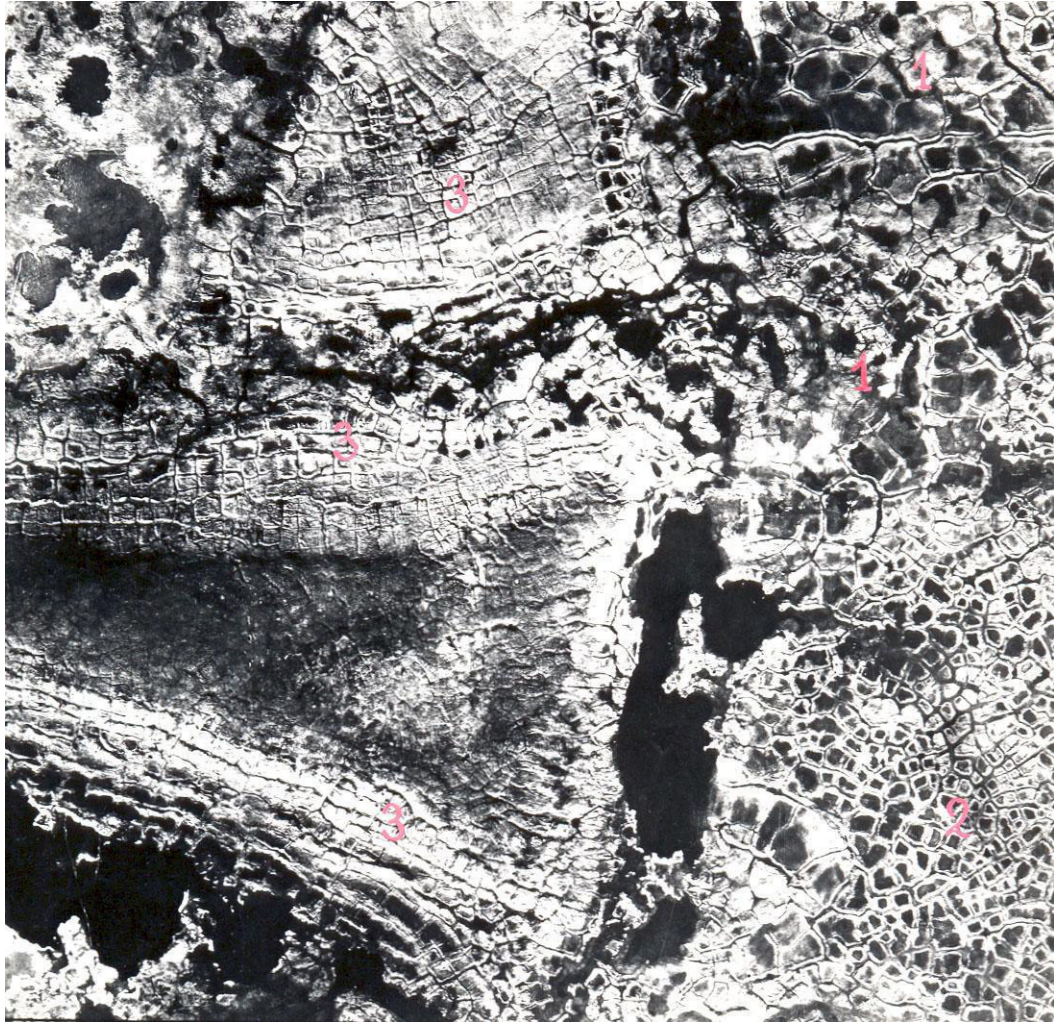


РИС.16

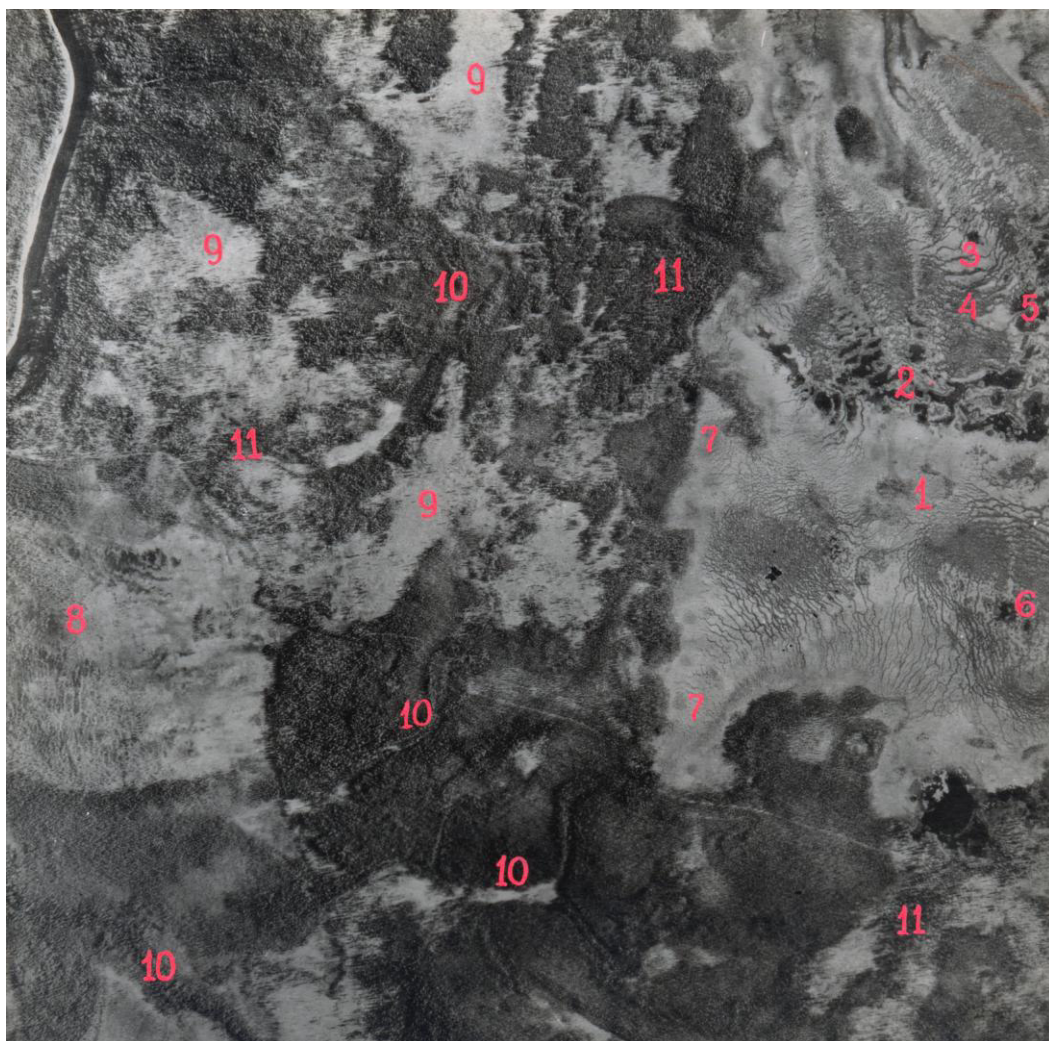


РИС.17

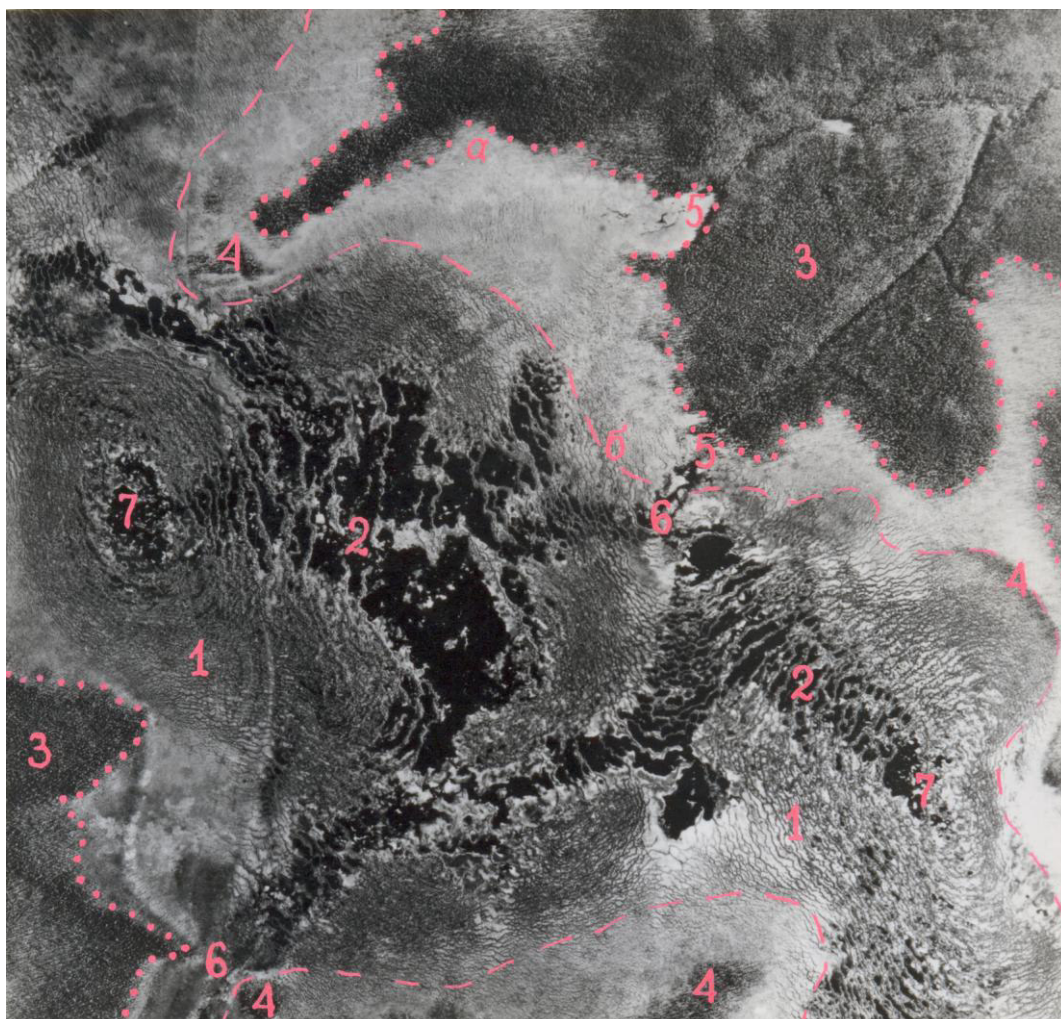


РИС.18

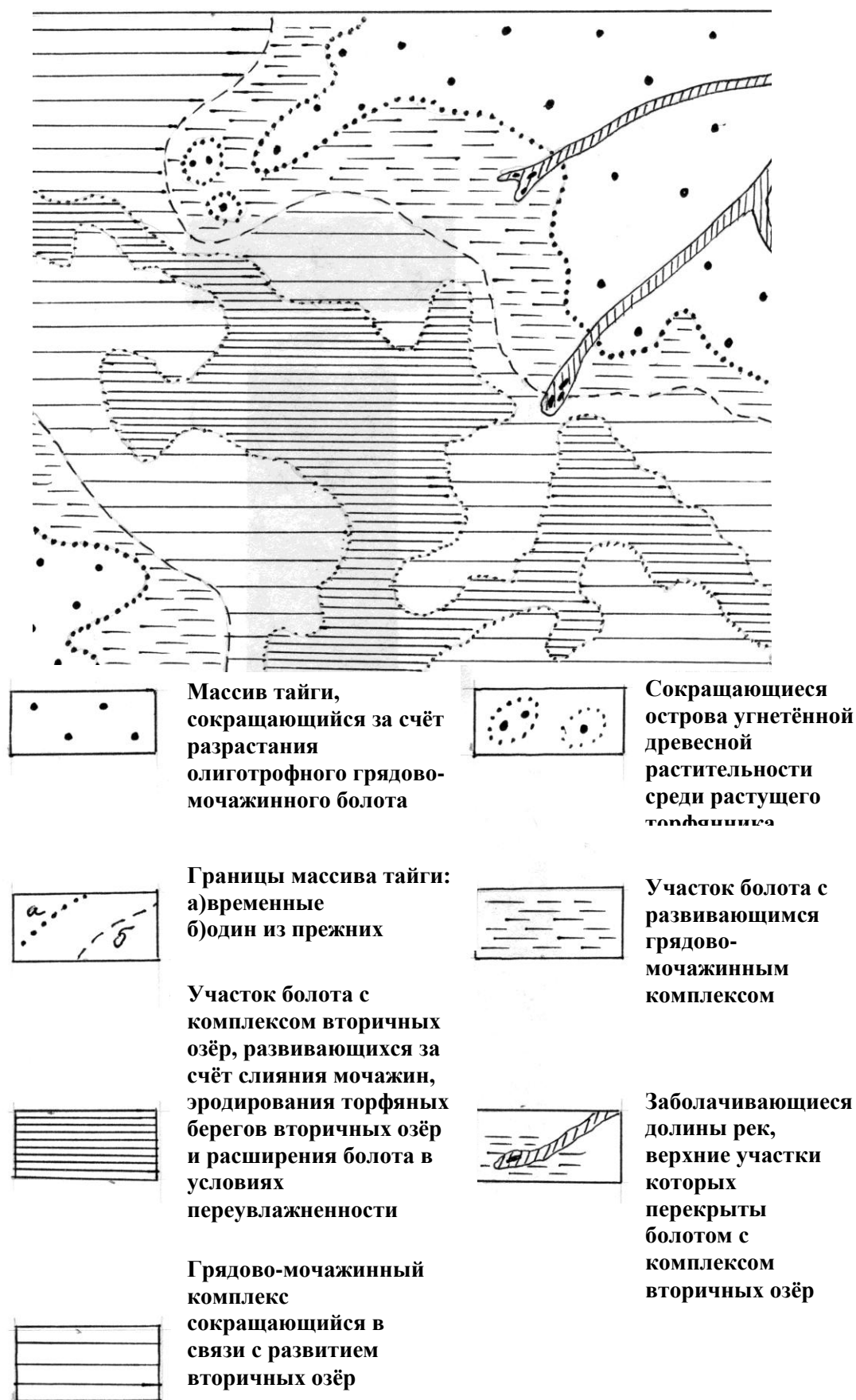


РИС.19

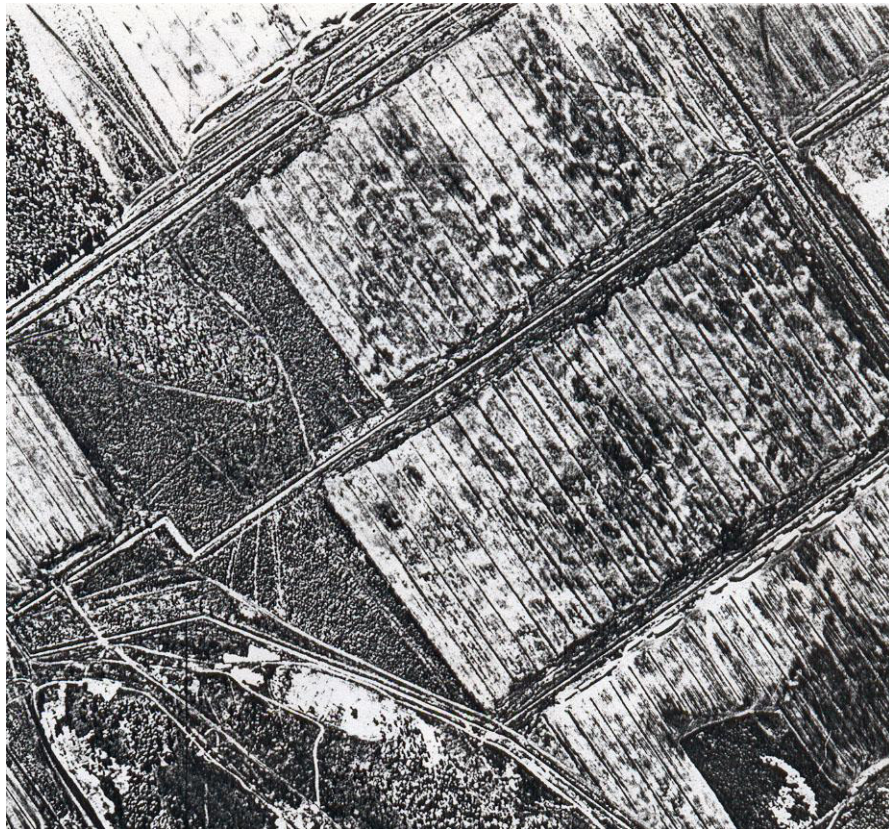


РИС.20

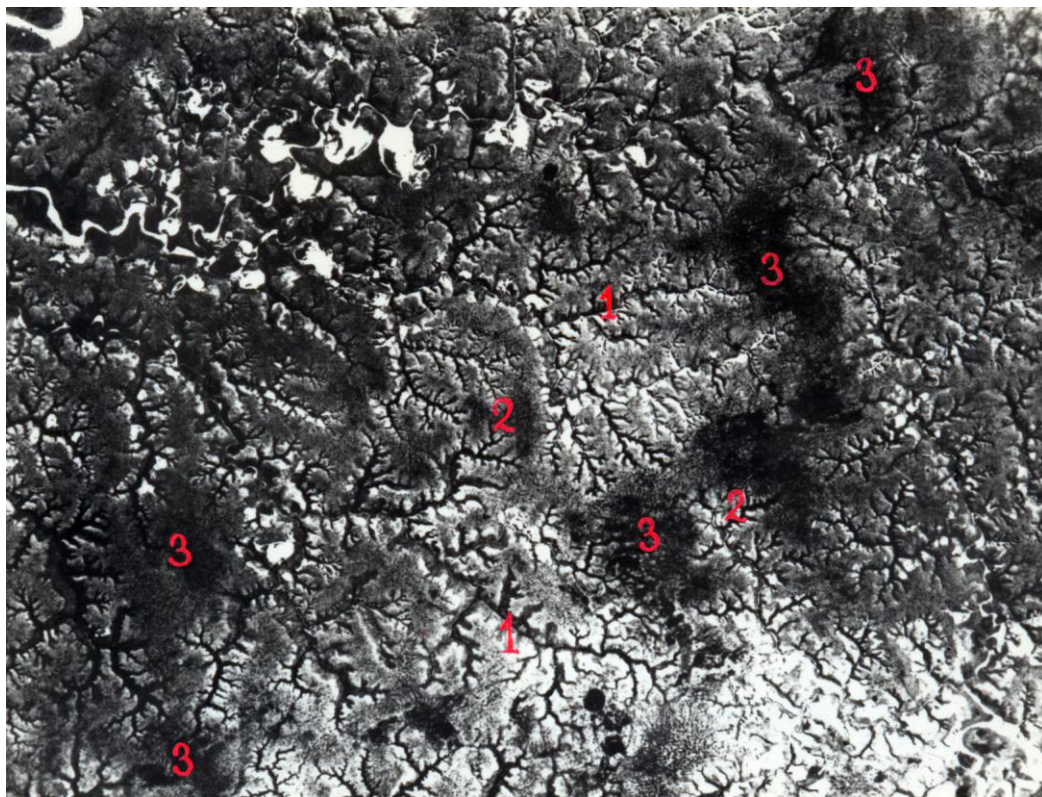


РИС.21



РИС.22

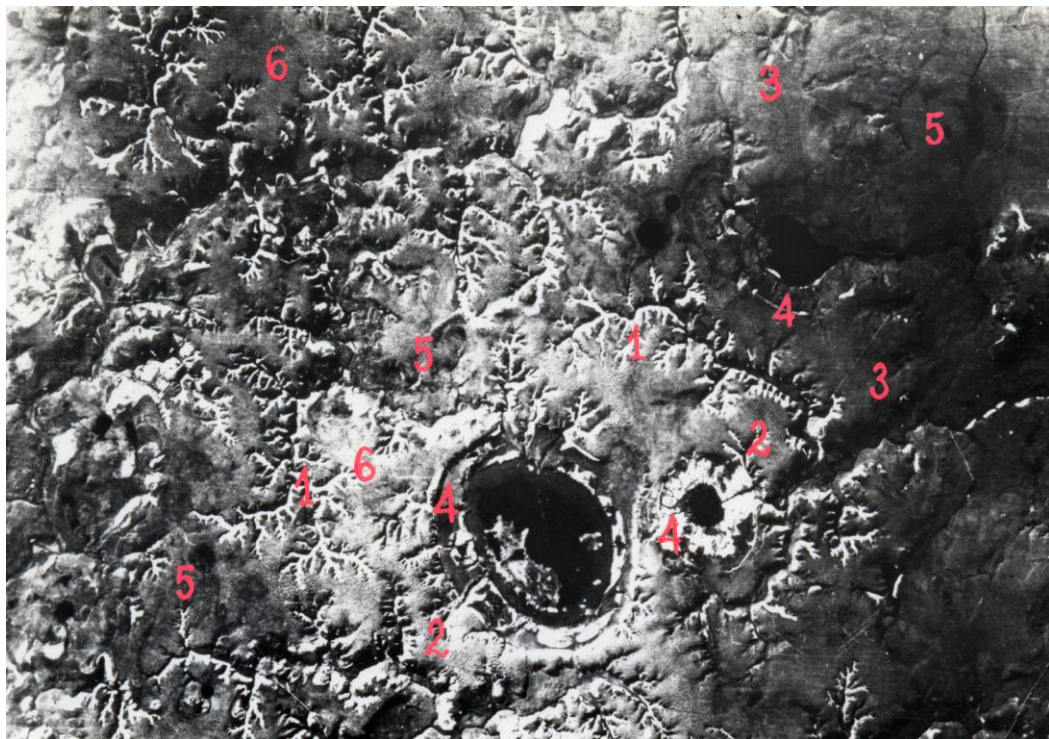


РИС.23

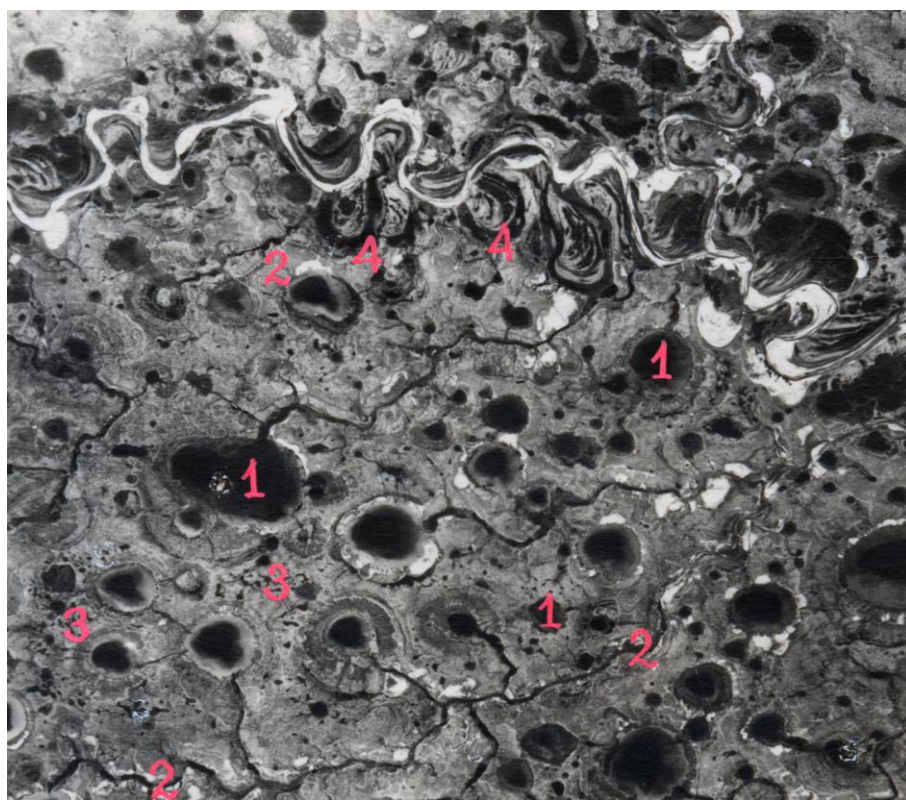


РИС.24

ТАБЛИЦА 1

Объект Элементы Явление Стадия развития	Вид съёмки Снимки Оптимальная съёмочная зона	Цвет на синтезированном снимке	Тон на ч/б зональном снимке	Форма	Тень	Рисунок изображения	Характер границ	Изменение размеров(длины, ширины, площади), границ, тона
<u>ВУЛКАНЫ</u> <i>Потухшие</i> 1. Вулканический конус (покрытый снегом)	Цветные синтезированные	красный с белым	белый, светлосерый	овальная (кольцо)	собственная	перистый	фестончатый	-
2. Кратер		темнокрасный с белым	от белого до тёмно-серого	Окружность, овал	собственная	пятнистый	чёткая линия	-
3. Лавовый поток (древний)		красный	серый	линейная, веерообразная или языкообразная	-	полосчато-слоистый	волнистая линия	-
4. Склоны, покрытые ущельями (бырранкосами)		чередование красных и белых полос	светло-серый и тёмно-серый	линейная (расходящиеся линии)	собственная	радиально-полосчатый	фестончатый	Изменение тона (за расширения и углубления ущелий)

Объект Элементы Явление Стадия развития	Вид съёмки Снимки Оптимал ьная	Цвет на синтезир ованном снимке	Тон на ч\б зонально м снимке	Форма	Тень	Рисунок изображения	Характер гранц	Изменение размеров(длин ы, ширины, площади), гранц, тона
<u>ВУЛКАНЫ</u> <i>Действующие</i>								
1. Вулканический конус (на разогретых участках снега нет)		красный	отсутствие белого тона	овальная (кольцо)	собствен ная	перистый	фестончатый	площадь основания
2. Кратер		темно- красный	тёмно- серый	окружность, овал(замаск ирован выбросами газов)	собствен ная	-	нечёткая линия	увеличение площади
3. Лавовый поток (на момент съёмки)		темно- красный	серый	полоса	-	полосчатый, полосчато- слоистый	чёткая	увеличение длины и площади
4. Паразитические кратеры		красный	серый	мелкие окружности	собствен ная	-	чёткая	появление объекта
5. Выбросы газов, пепла и обломков		белый и серый	белый и серый	Треугольна я (вершина в центре	падающа я	точно- пятнистый	диффузная	увеличение длины и площади

Объект Элементы Явление Стадия развития	Вид съёмки Снимки Оптимальная съёмочная	Цвет на синтез ирова нном снимке	Тон на ч/б зональн ом снимке	Форма	Тень	Рисунок изображен ия	Характер границ	Изменение размеров(длины, ширины, площади), границ, тона
ЛЕДНИКИ <u>ПУЛЬСИРУЮЩИЕ</u> Стадия восстановления 1. Фирновый бассейн	Многозональная, красная и ближняя инфракрасная. Периодическая аэрофотосъёмка	голубой	белый	овальная циркуобразная, выпуклая	собственная	однородный	чёткий	-
		светлосиний	белый и светлосерый	линейная (полоса)	-	полосчатоперистый, поперечнополосчатый (на перегибах)	чёткий	Увеличение площади
		серый	серый	линейная	-	извилистый, параллельно-линейный и линейно-дугообразный	чёткий	-

Объект Элементы Явление Стадия развития	Вид съёмки Снимки Оптимальная съёмочная	Цвет на синтез и ро вном снимк	Тон на ч\б зональн ом снимке	Форма	Тень	Рисунок изображен ия	Харак тер границ	Изменение размеров(длин ы, ширины, площади), границ, тона
ЛЕДНИКИ <u>ПУЛЬСИРУЮЩИЕ</u> Стадия <i>мелководий</i> Фирновый бассейн	Многозональная, красная и ближняя инфракрасная. Периодическая аэрофотосъёмка	серый	белый и светлосерый	овальная циркообразная, вогнутая	собственная	штриховой (трещины в результате подвижки)	чёткий	скопление трещин в месте выхода ледника из бассейна
			Тёмносерый, на конце почти чёрный (подпрудн...)	линейная (полоса), дуга на конце	-	поперечнополосчатый (увеличение количества трещин)	чёткий	Появление дугообразных полос в конце ледника
			серый	петлеобразный	-	полосчатый	расплавчатый	увеличение количества петель

Объект Элементы Явление Стадия развития	Вид съёмки Снимки Оптимальная съёмочная зона	Цвет на синтези- рованном снимке	Тон на ч/б зональном снимке	Форма	Тен- ь	Рисунок изображения	Характер границ	Изменение размеров(длины, ширины, площади), границ, тона
<u>РЕЧНАЯ ДОЛИНА</u> <i>В межень</i>	Многозональная , красная , ближняя инфракрасная и оранжевая		чёрный	линейно- извилистая				
1. Русло								
2. Пойма (прирусловые валы, старицы, заболоченные понижения, пляжи)			от белого (отмели) до тёмно-серого	полоса (вдоль русла)		извилисто- дугооб-разно- полосча-тый, моза-ичный	чёткий	
<u>РЕЧНАЯ ДОЛИНА</u> <i>В половодье</i>			почти чёрный	широкая полоса		однородный	волнистый	увеличение ширины
1. Русло								
2. Пойма (затопленная			почти чёрный	широкая полоса		однородный	волнистый	увеличение ширины
- Участки поймы, освободившиеся от воды в конце спада половодья - Возвышенные участки, освободившиеся от воды в начале спада половодья			тёмно-серый	пятно		пятнистый, мозаичный	распльвча- тый	увеличение площади осветления
			серый	дугообразна- я		зернистый (лес выдерж. Затопление 10 дней)	нечёткий	увеличение площади

Объект Элементы Явление Стадия развития	Вид съёмки Снимки Оптимальная съёмочная зона	Цвет на синтезиро ванном снимке	Тон на ч\б зонально м снимке	Форма	Тень	Рисунок изображе ния	Характер гранц	Изменение размеров(длин ы, ширины, площади), гранц, тона
<u>СЕЙСМИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ</u> <i>сейсмодислокация</i> 1. Трещины, сейсморазрывы	многозональные, синтезированные, ближняя ИК		серый, тёмно- серый	прямоли нейная		параллельн о- линейный, решётчатый	чёткий	увеличение длины, ширины
<i>сейсмогравитацион ные нарушения</i> <u>Оползни</u> 1. Старые активизировавши еся	спектрозональная	бурый, оранжевый	чередовани е серого и тёмно- серого	овальная, выпуклая циркообр азная		пятнистый	расплывчат ый	увеличение площади
2. Вновь образовавшиеся			чередовани е серого и тёмно- серого			пятнистый, поперечно- полосчатый, дугооб- разный	чёткий по линии отрыва	увеличение площади

Объект Элементы Явление Стадия развития	Вид съёмки Снимки Оптимальная съёмочная зона	Цвет на синтези рованно м снимке	Тон на ч/б зональном снимке	Форма	Тень	Рисунок изображения	Характер границ	Изменение размеров(длины, ширины, площади), границ, тона
<u>СЕЛИ</u>	многозональна я, разновременны е							
1. Селевые накоплен ия (следы прошлых селей)			серый и тёмно-серый	линейная извилистая (полоса) и конусы в устьях горных рек		продольно- полосчатый и поперечно- волнистый и пятнистый (остаточные озёра)	плавная, извилистая	
2. Современ ые (катастро фические)			светло-серый (осветление в пределах долины)	линейная извилистая (полоса) и конусы в устьях горных рек			чёткий	увеличение длины и ширины
<u>ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ</u>	многозональна я, разновременны е (в течении нескольких суток), ИК- съёмка							
1. Дымовые шлейфы			от белого до серого	треугольная, перистая (с неровным основанием) вершина – очаг пожара		пятнистый, слоистый	расплывчатый	изменение длины, ширины, направления (от ветра)
2. Очаг пожара			тёмно-серый	точка, пятно			неопределённ ая	увеличение площади

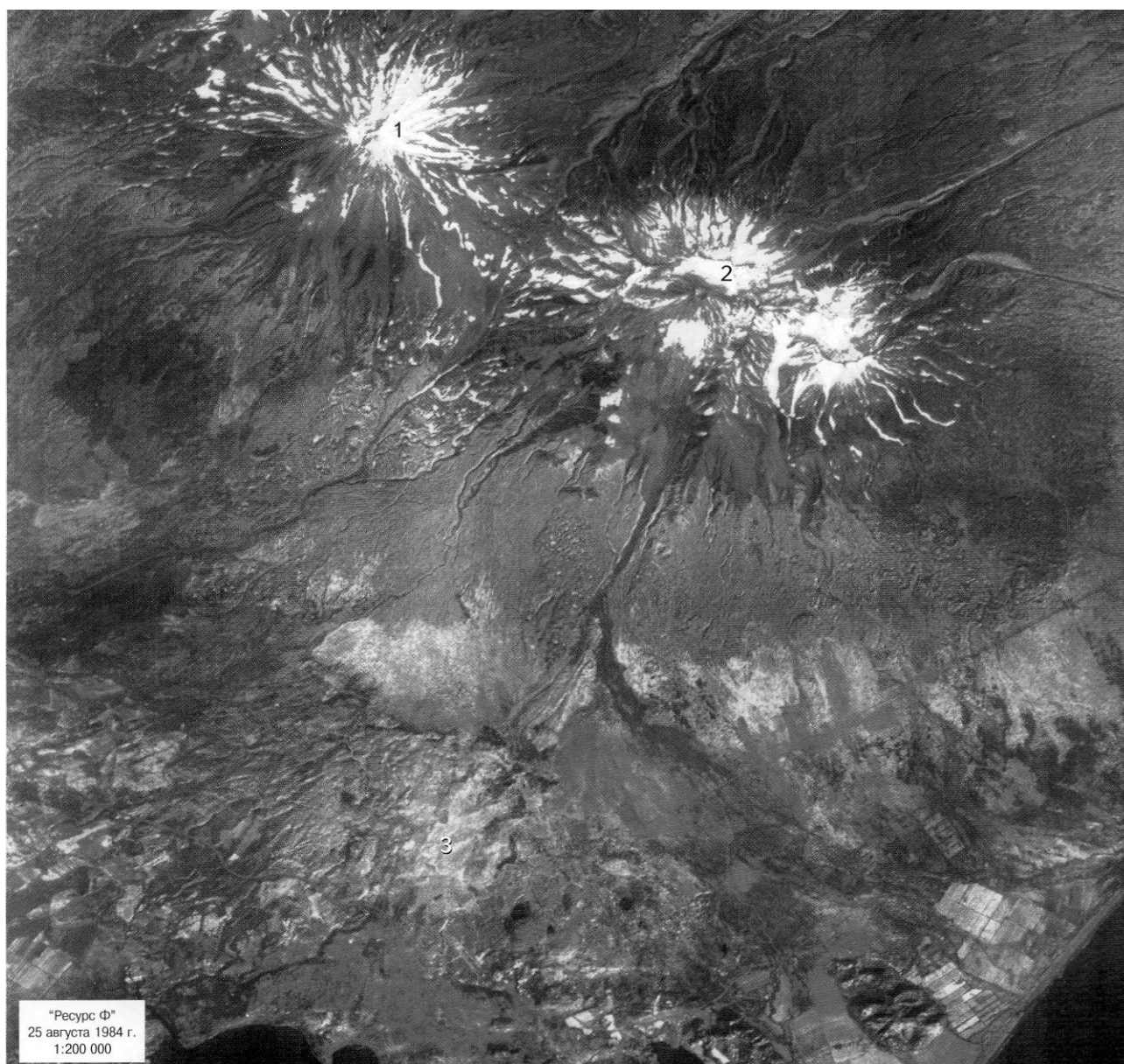
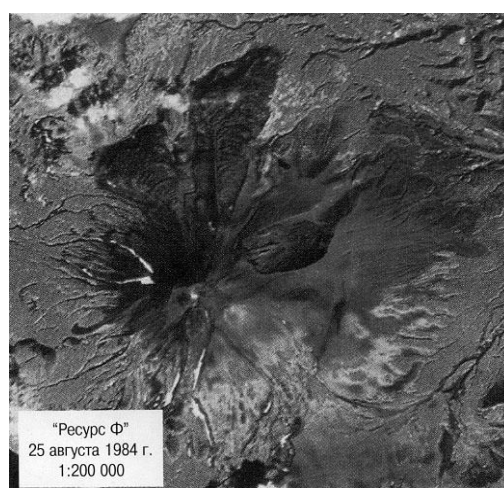
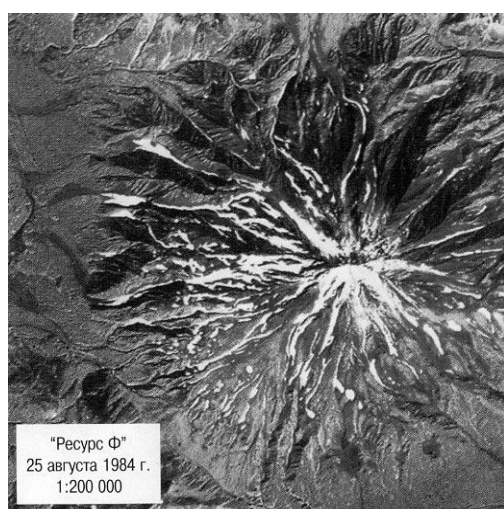


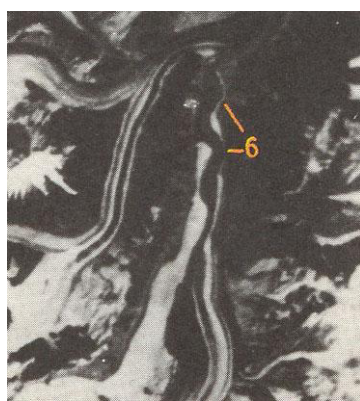
РИС.25. ВУЛКАНЫ КАМЧАТКИ



- 1 – КОРЯКСКАЯ СОПКА
- 2 – АВАЧИНСКИЙ
- 3 – ВИЛЮЧИНСКАЯ СОПКА
- 4 – ИЛЬИНСКАЯ СОПКА



Выплеск пульсирующего притока на поверхность основного ледника



Моренные петли на пульсирующем леднике



Разбитый трещинами язык пульсирующего ледника под мореной

РИС. 26. ЭЛЕМЕНТЫ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ЛЕДНИКА

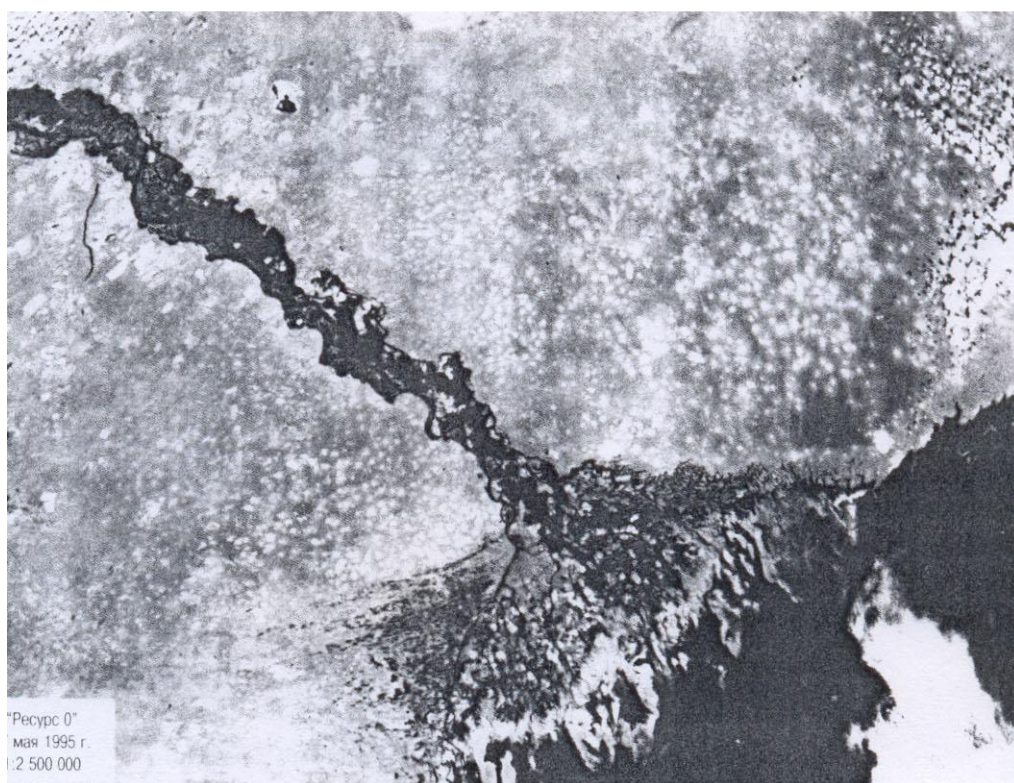
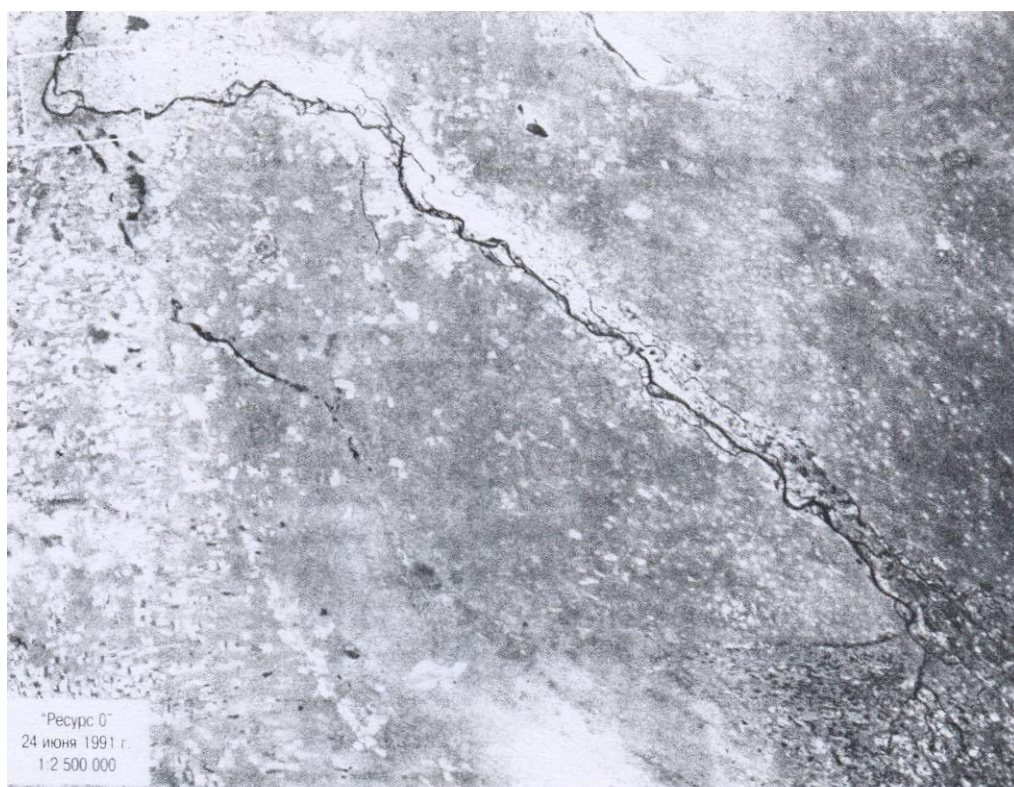


РИС.27. ИЗОБРАЖЕНИЕ ПОЛОВОДЬЯ НА ВОЛГЕ

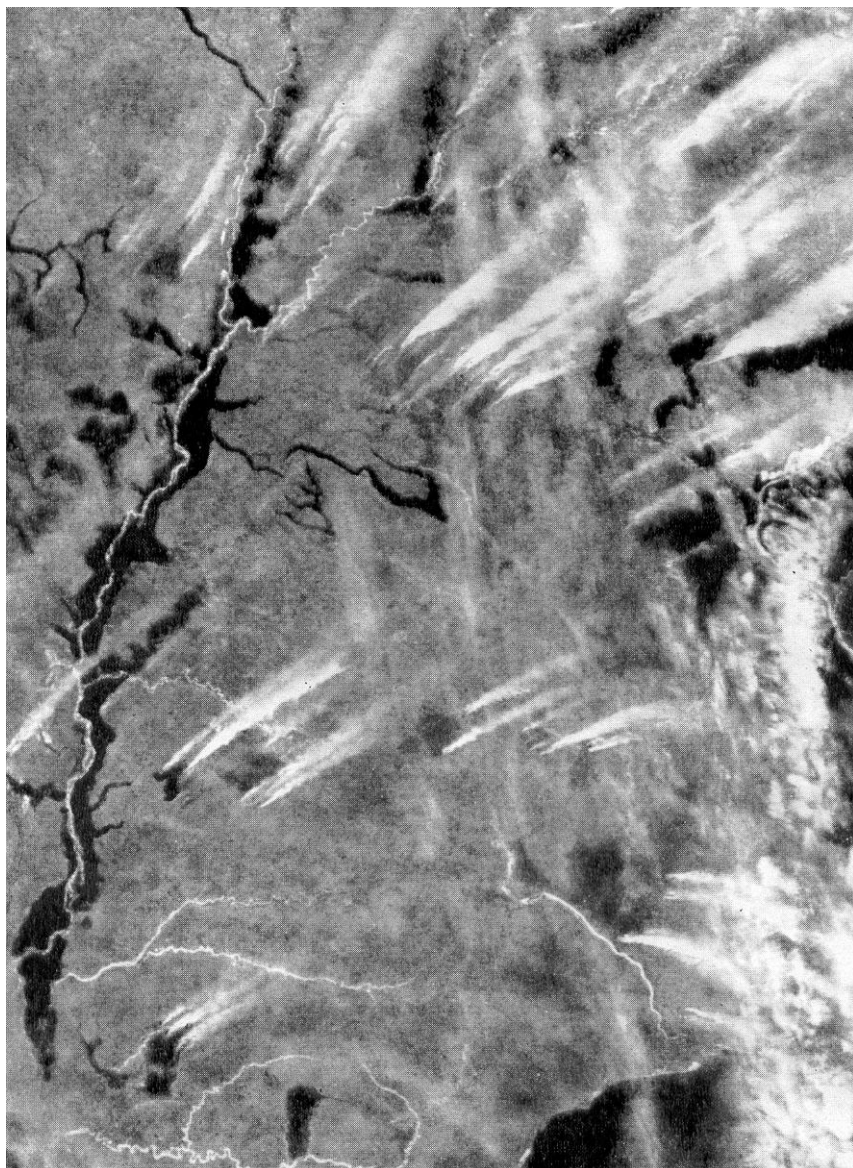


РИС.28. ИЗОБРАЖЕНИЕ ДЫМОВЫХ ШЛЕЙФОВ ОТ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

ТАБЛИЦА 2

Природная зона	Экологические проблемы	Антропогенное воздействие	Динамика природных объектов и процессов	Мероприятия по предотвращению экологического ущерба	Возможности использования космических снимков
Тундровая и лесотундровая зона	Активизация неблагоприятных криогенных процессов	1. Разработка месторождений полезных ископаемых 2. Промышленное строительство 3. Прокладка и эксплуатация дорог и трубопроводов 4. Перевыпас оленей 5. Проезд гусеничного транспорта и т.д. 6. Разлив нефти при прорывах нефтепроводов	1. Упрощение ландшафтной структуры. 2. Уничтожение растительности и закрепляющей почвы. 3. Развитие овражной эрозии. 4. Образование развееваемых песков. 5. Увеличение заозеренности и заболоченности территории. 6. Развитие вдоль трасс термокаста и термоэрозии.	Снижение объемов антропогенного воздействия. Детальный анализ естественной динамики природных процессов.	Использование разновременных космических снимков позволяет оценить относительные затраты на природоохранные мероприятия, в том числе рекультивацию нарушенных земель.

Лесная зона	Обезлесивание	1. Сведение лесов из-за расширения сельскохозяйственной деятельности. 2. Сведение лесов, связанное с лесозаготовками и торфоразработками. 3. Сведение лесов в результате войн. 4. Уничтожение лесов в результате строительства городов и поселков. 5. Проведение мелиоративных работ. 6. Лесные пожары.	1. Увеличение CO₂ в атмосфере. 2. Нарушение теплового баланса Земли. 3. Снижение воздухоочищающей, водоохранной и рекреационной роли лесов. 4. Уничтожение многих видов животных и растений. 5. Возрастание масштабов эрозии почв. 6. Потеря плодородия почв. 7. Снижение уровня грунтовых вод. 8. Заболачивание территории. 9. Сокращение лесных площадей. 10. Преждевременное истощение лесного фонда, появление неустойчивых древостоев, подверженных вытравалам, буреломам, суховершинности и поражению	1. Лесопосадки. Соблюдение определенной площади и формы лесосек, чередование узких полос вырубок с оставленными участками леса способствует нормальному лесовозобновлению. Вторичные восстановительные сукцессии, связанные со сменой породного состава леса также способствуют нормальному лесовозобновлению. 2. Проведение рубок в соответствии с научнообоснованными нормами. 3. Регулярный контроль за соблюдением правил рубок, учет вызванных рубками изменений, выявление нарушений. 4. Создание заповедников. 5. Наземное и авиационное патрулирование для предупреждения, своевременного обнаружения и тушения лесных пожаров.	Использование разновозрастных КС позволяет оценить динамику распространения и сокращения лесов, а также проследить закономерности изменения лесистости. КС позволяют оценить истинные границы лесов, их состояние и состав. КС помогают контролировать соблюдение правил рубок и процессы лесовозобновления на вырубках. По КС оценивают пожароопасную метеорологическую обстановку, осуществляют контроль динамики крупных пожаров, на удаленных неохранных территориях и др.
-------------	---------------	---	--	--	---

Степная зона	Усиление земледельческой освоённости земель	1. Проведение мелиоративных работ. 2. Распашка земель.	1. Интенсивный смыв и размыв почв на склонах. 2. Пыльные бури. 3. Развитие процессов ветровой эрозии - дефляции. 4. Развитие процессов водной эрозии. 5. Снижение плодородия почв. 6. Нарушение почвенного покрова	1. Высаживание государственных и многочисленных колхозных лесополос по границам полей. 2. Использование посевов, в которых в направлении поперек господствующих ветров чередуются узкие полосы зерновых и многолетних трав, или зерновых и подсолнечника, способствуют также снегозадержанию. 3. Проведение механической обработки почв вдоль склонов, с учетом рельефа (контурное земледелие), засыпание и укрепление верховьев оврагов и облесение верховьев и склонов балок, противодефляционные полосные посевы. 4. Расположение полей или плантаций многолетних насаждений вдоль склонов, «по горизонталям». 5. Исключение из землепользования склонов определенной крутизны	КС помогают контролировать выполнение лесомелиоративных мероприятий. КС используют для изучения овражной эрозии. Они позволяют определить площадь заовраженных земель, количество оврагов, их протяженность, густоту, плотность. По КС изучают формы проявления и степень развития дефляции
--------------	---	--	--	--	---

Пустынная зона	Опустынивание	1. Распашка земель	1. Дефляционные процессы на легких почвах, появление пятен дефляции. 2. Образование массивов перевеваемых песков. 3. Линейная и плоскостная эрозия, смыв почв на склонах. Деградация пастбищ в результате «кочующего земледелия» при выращивании бахчевых культур.	1. Предотвращение и борьба с вторичным засолением. 2. Строгое соблюдение допустимой нагрузки. 3. Закрепление песков, развееваемых в результате антропогенных нарушений. 4. Создание пастбищезащитных полос.	Разновременные КС позволяют осуществлять мониторинг экологического состояния территории и оценивать степень опасности опустынивания. КС позволяют производить контроль за рациональным использованием пастбищной территории, выявлять имеющиеся нарушения, ведущие к опустыниванию территории, а также давать основание для применения штрафных санкций к нарушителям и разработке рекомендаций по рациональному использованию, улучшению, фитомелиорации пастбищ и по охране природы.
		2. Обводнение, орошение, гидростроительство, функционирование артезианских скважин	1. Засоление почв в результате подтопления земель, подъема засоленных грунтовых вод при нерациональном расходовании воды и ее просачивания из каналов и водохранилищ. 2. Развитие солончаков, соленых озер, появление бросовых земель-бедлендов возле самоизливающихся артезианских скважин. 3. Иссущение, засоление и деградация пойменных, лиманных и низинных сенокосных и пастбищных угодий.		

3. Выпас скота	1. Сбой пастбищ в результате нерационального их использования. 2. Деграляция пастбищ, развитие дефляционных процессов при перевыпасе. 3. Образование участков сильноосбитых пастбищ в местах концентрации скота возле кошар и колодцев.				
4. Сенокошение	1. Деграляция сенокосов, снижение их продуктивности при нерациональном сенокошении.				
5. Добыча полезных ископаемых (нефти, газа)	1. Нарушение и локальное уничтожение почвенно-растительного покрова в местах строительства промышленных объектов, линейная эрозия вдоль дорог при транспортировании буровых вышек.				
6. Селитебная и транспортная деятельность и сооружение и функционирование населённых пунктов, кошар, колодцев, дорог.	1. Засыпание песком хозяйственных объектов при образовании перевеваемых песчаных массивов. 2. Развитие эрозии почв, дефляционных процессов деградации земель в результате бездорожной езды.				



РИС.29.



РИС.30.



РИС.31.

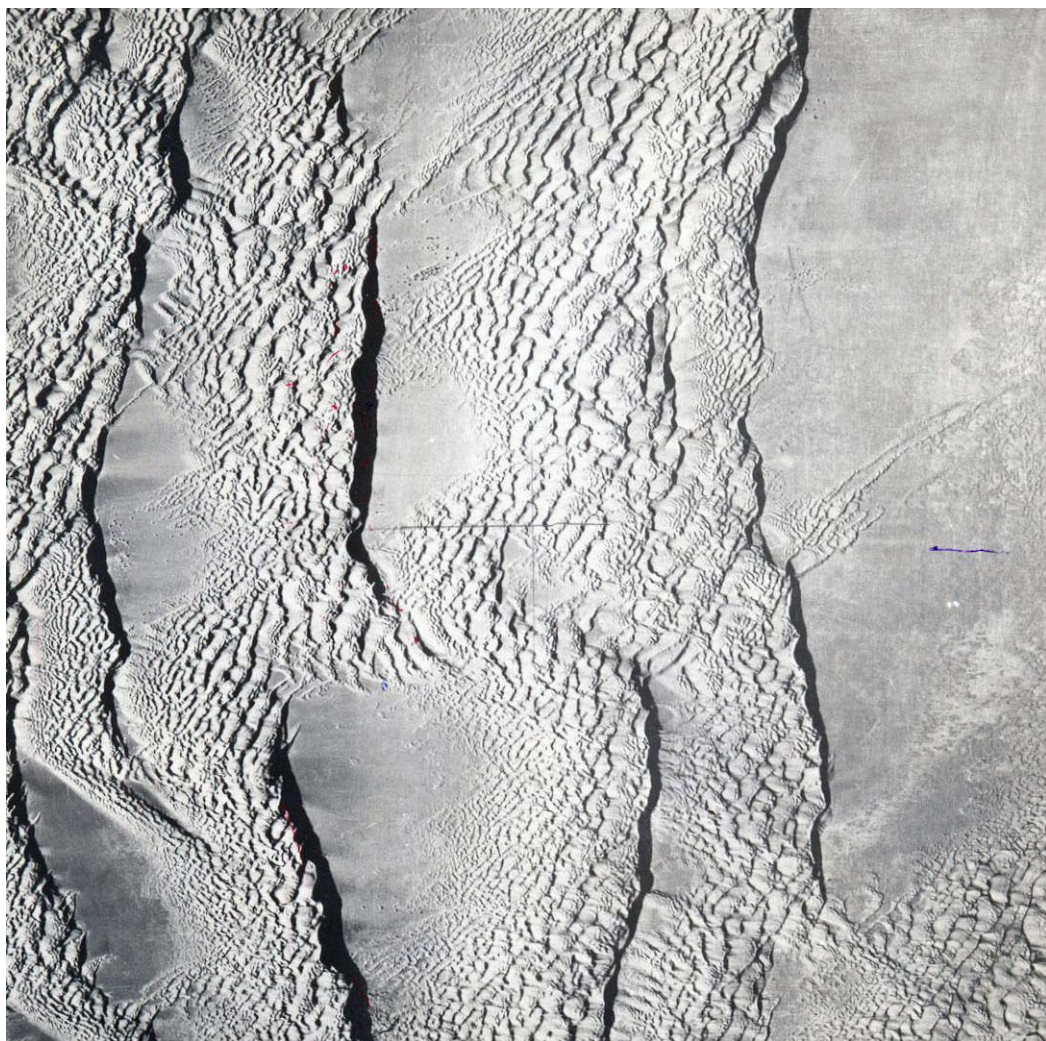


РИС.32.

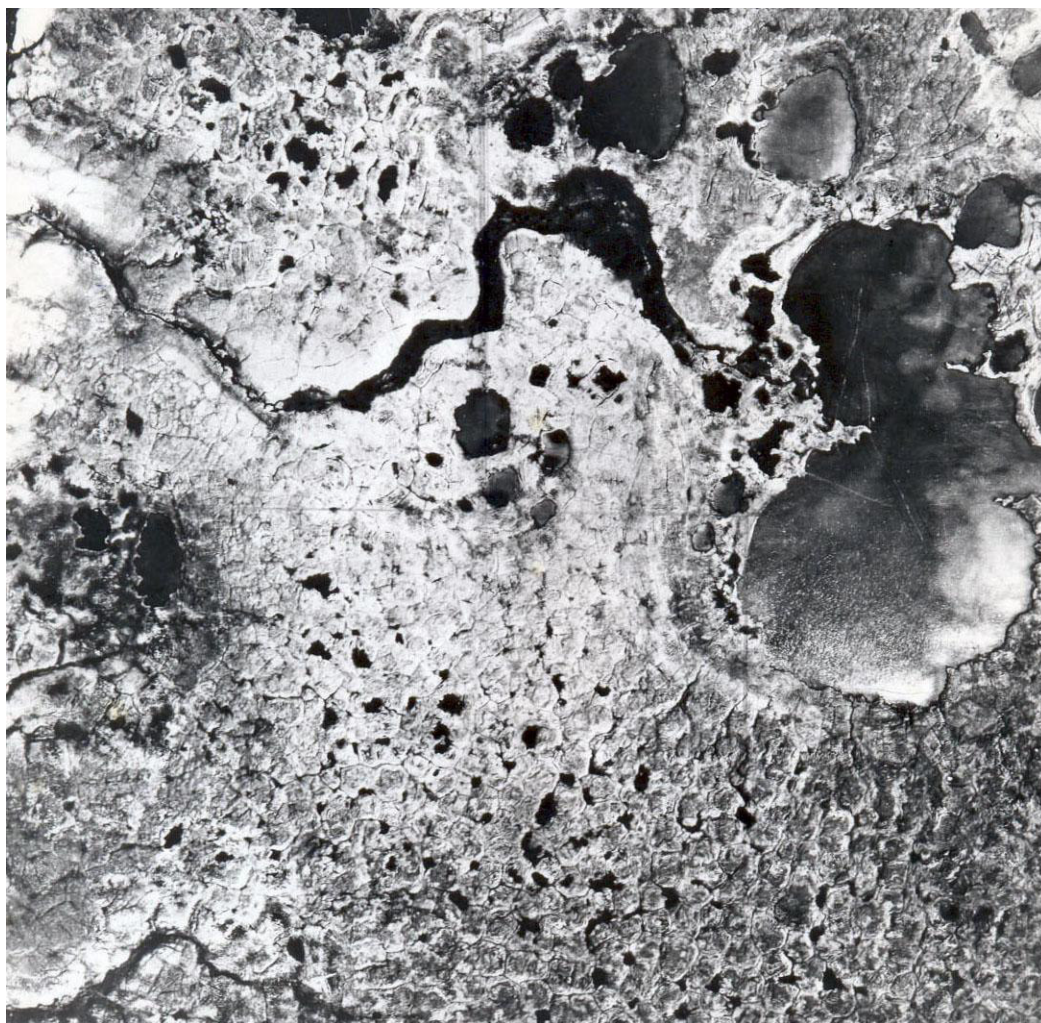


РИС.33.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ГИС

к выполнению практических работ для обучающихся по направлению
21.04.03 «Геодезия и дистанционное зондирование» профиль
«Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий» всех
форм обучения

Составители:

Костылев Владимир Алексеевич

Плукчи Алексей Иванович

В авторской редакции

Воронеж 2025



РИС.34.