

К. Е. НЕФЕДОВ  
Т. А. ПОПОВА

551  
H 58

# дешифрирование грунтовых вод по аэрофотоснимкам



8.85°  
1968г.

8.82  
1968г.

8.81  
1968г.

77 2004

551  
H/58

К. Е. НЕФЕДОВ  
Т. А. ПОПОВА

# ДЕШИФРИРОВАНИЕ ГРУНТОВЫХ ВОД ПО АЭРОФОТОСНИМКАМ

ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА	2
Шифр _____	
Инд. : 18057	



ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЕ  
ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ЛЕНИНГРАД  
1969

Книга посвящена вопросам применения материалов аэрофото съемки при изучении грунтовых вод. В ней рассматриваются основные положения гидрогеологического дешифрирования, эталонирования и экстраполяции. Приводится проверенная на практике методика среднемасштабного картирования грунтовых вод в зонах недостаточного увлажнения, дается описание дешифровочных признаков ряда элементов ландшафта и отдельных морфологических единиц ландшафтов индикаторов подземных вод.

Монография предназначена для гидрологов, гидрогеологов, мелиораторов и проектировщиков различной направленности, а также может служить пособием для студентов геологических, гидрометеорологических институтов, географических факультетов университетов и учащихся техникумов.

The monograph is devoted to the use of aerial photographs in ground-water studies. The principles of ground-water photo interpretation, aerial photo sampling and extrapolation of aerial photo indexes are described. The technique is given of medium-scale mapping of ground water in areas of deficient precipitation. The benefits of this technique have been displayed in action. A number of landscape elements and morphological units are considered in terms of the estimation of water ground conditions.

The monograph is to be commended to hydrologists, geologists, specialists in melioration, designers. It may serve as a manual to students of geology, hydrology and meteorology both in higher and secondary schools.

«Аэросъемка и аэрофотография дали могучие орудия для разрешения тех сложнейших научных и практических проблем, которые выдвигаются современными задачами науки, требованиями современной жизни и нового небывалого в истории хозяйственного строительства...»

*А. Е. ФЕРСМАН (1929)*

## ВВЕДЕНИЕ

Аэрофотосъемка — один из разделов аэрометодов, под которым понимают процесс получения фотографического изображения земной поверхности аэрофотоаппаратами с различного рода летательных средств. Материалы аэрофотосъемки, фиксируя поверхность местности с большой подробностью дают объективную картину природной обстановки, позволяя одновременно охватывать взглядом огромные пространства и проводить широкие пространственные сопоставления. На этой основе удается выявлять закономерности строения природных объектов, неуловимые при наземных полевых работах. Сопоставление аэроснимков повторных съемок дает возможность учета динамики природных явлений. Аэрофотосъемка позволяет проводить исследования в районах труднопроходимых из-за сильно пересеченного рельефа, заболоченности, безводности.

Член-корреспондент АН СССР Н. Г. Келль считал, что с развитием аэрометодов «естествознание поднялось на новую ступень в изучении природных явлений и состояний» (Келль, 1960).

С каждым годом этот вид аэрометодов все шире внедряется в различные исследования и изыскательские работы. Дешифрирование аэроснимков стало неотъемлемой частью топографических работ, геологического картирования, гидрологических изысканий; широко используется при лесотипологических работах и при паспортизации пастбищ, при археологических исследованиях, в инженерном деле и во многих других областях.

Значительная часть гидрогеологических исследований различной направленности, в особенности поиски и картирование подземных вод, начинаются с анализа природной обстановки. Именно в этом направлении аэрометоды могут быть использованы наиболее успешно.

Преимущества аэрометодов по сравнению с традиционными наземными методами отмечаются во многих областях их применения. Несмотря на это, аэрометоды в гидрогеологической практике применяются еще очень мало. Это объясняется слабой разработанностью методики гидрогеологических работ, проводящихся на основе дешифрирования материалов аэросъемки, что в свою очередь обусловлено значительными объектив-

ными трудностями дешифрирования подземных вод по сравнению с другими природными объектами. Это прежде всего обусловлено тем, что при дешифрировании подземных вод в подавляющем большинстве случаев используются косвенные признаки. Вместе с тем детально отработанных признаков явно недостаточно, поэтому их необходимо устанавливать непосредственно в процессе полевого гидрогеологического дешифрирования.

Другой причиной ограниченного использования аэрометодов в практике гидрогеологических работ является совершенно недостаточное освещение опыта их производства. Публикации по гидрогеологическому дешифрированию практически отсутствуют как в СССР, так и за рубежом. Ярким подтверждением этому служит библиография, приведенная в руководстве по дешифрированию, выпущенном американским фотограмметрическим обществом (Manual. . . , 1960). В этом руководстве библиография по геологическому дешифрированию занимает 45 страниц, тогда как весь раздел гидрологии и водоснабжения представлен 18 публикациями. За последние годы положение мало изменилось. В 1964 г. на конференции в Тулузе французский геолог М. Ги (Guy, 1964) в своем выступлении дал анализ аэрометодов на основе библиографии и обратил внимание на почти полное отсутствие публикаций по гидрогеологическому дешифрированию.

Использование аэроснимков при гидрогеологических исследованиях предполагает получение гидрогеологических характеристик на основе интерпретации свойств отдешифрированных поверхностных образований. Для этого необходимо знание не только основ фотограмметрии и аэрофотосъемочного процесса, но и знакомство с основами ряда дисциплин, изучающих те или иные компоненты ландшафта.

В настоящей работе основное внимание уделено методике гидрогеологического дешифрирования и картирования грунтовых вод в зонах недостаточного увлажнения. Являясь первой попыткой обобщения материалов по гидрогеологическому дешифрированию она, безусловно, не лишена ряда недостатков. Однако авторы надеются привлечь внимание специалистов к возможностям метода, что явится стимулом к дальнейшему его совершенствованию.

Авторы приносят глубокую благодарность за ценные указания, полученные в процессе подготовки рукописи, научному редактору доктору географических наук И. В. Попову, а также всем товарищам по работе способствовавшим созданию настоящей монографии.

Отзывы, замечания и пожелания просим присылать в Лабораторию аэрометодов по адресу: Ленинград, В-164, Биржевой проезд 6.

## ГЛАВА I

### СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ

Гидрогеологическое дешифрирование является одним из наиболее сложных видов дешифрирования материалов аэрофото съемки. Сложность его заключается в том, что объект изучения — подземные воды — непосредственно на аэроснимках не изображается. Именно поэтому гидрогеологическое дешифрирование стало развиваться позднее других видов дешифрирования.

Первые сведения о поисках грунтовых вод по аэроснимкам приводятся в статье А. Н. Лаврова, Н. П. Предтеченского и П. А. Ренгартена (1936), посвященной геоморфологическому дешифрированию. Авторы этой статьи отметили, что выходы подземных вод на дневную поверхность могут быть дешифрированы по косвенным признакам. В качестве таких признаков они рассматривают растительность и результаты деятельности человека. Позднее П. А. Ренгартен (1946) обратил внимание на тесную связь подземных вод с рельефом в пустыне и высказал мысль, что знание тесной зависимости вод и рельефа может дать ключ к использованию аэрофотосъемки для гидрогеологических целей. В качестве гидрогеологических индикаторов Ренгартен рассматривает барханные пески, соры, древние сухие русла и колодцы. Им же приводится первая оценка эффективности применения аэрометодов в гидрогеологическом картировании. По мнению автора, применение материалов аэрофото съемки повышает эффективность гидрогеологических работ более чем в 10 раз по сравнению с обычной методикой.

Основное развитие гидрогеологическое дешифрирование получило в шестидесятые годы. В это время наметилось три направления в его развитии: гидроиндикационное (геоботаническое и почвенное), гидрогеологическое дешифрирование как составная часть инженерно-геологического дешифрирования и собственно гидрогеологическое дешифрирование.

Первое направление развивается в основном работами геоботаников (Викторов, Востокова, 1959; Виноградов, 1958, 1961; Востокова, 1961; Иорданская, Шавырина, 1961; Швыряева, 1961; Викторов, Востокова, Вышивкин, 1962; Моляхов, 1967 и др.).

Сущность геоботанического индикационного дешифрирования заключается в распознавании на аэроснимках участков земной поверхности, занятых сообществами растений гидроиндикаторов. Картирование сообществ позволяет создавать гидроиндикационные карты, которые служат вспомогательным средством при составлении гидрогеологических карт.

Использованию почвенного покрова как показателя гидрогеологических условий при дешифрировании материалов аэрофотосъемки посвящена статья В. В. Кузнецова (1967), в которой излагается методика дешифрирования почвенного покрова при гидрогеологических исследованиях. Автор отмечает, что характер изображения земной поверхности в аридных областях в значительной мере определяется почвенным покровом, так как растительный покров здесь сильно разрежен. Вместе с тем существует тесная связь почв и грунтовых вод, которая может быть использована при гидрогеологическом дешифрировании (устанавливая по аэроснимкам те или иные почвенные разности, можно охарактеризовать соответствующие им свойства грунтовых вод). Дешифрирование почвенных видов основано на учете оптических плотностей их фотонизображения. Для более точной характеристики тона изображения автором проводилась статистическая обработка данных микрофотометрирования на анализаторе оптических плотностей.

Как составная часть инженерно-геологического дешифрирования гидрогеологическое дешифрирование рассматривается в ряде работ: М. А. Лисовский, 1954; М. А. Лисовский, Л. И. Плиник, 1951; А. В. Глаголев, 1959; Е. С. Мельников, А. В. Садов, 1964; И. С. Комаров, А. В. Садов, 1964; Б. Н. Можяев, М. Ф. Сальцевич, 1967 и другие.

Собственно гидрогеологическое дешифрирование освещается в работах В. И. Белецкого, 1962; А. Г. Козлова, 1964, Г. В. Лазаренкова, М. А. Лисовского, 1964; Г. Ф. Лунгерсгаузена, 1961; Г. Я. Мейера, 1962, 1963; Г. Я. Мейера, В. К. Марковского, 1962; Г. Я. Мейера, К. Е. Нефедова, 1962; К. Е. Нефедова, 1963, 1964, 1965, 1967; В. К. Марковского, Е. Я. Алексеенко, 1965; Г. К. Михайлова, 1963; Я. П. Файна 1961 и др.

Гидрогеологическому дешифрированию материалов аэрофотосъемки посвящена специально поставленная в Лаборатории аэрометодов в 1958 г. тема, первые результаты которой освещены в сборнике статей «Применение аэрометодов для изучения грунтовых вод» (1962), написанном коллективом авторов по материалам исследований в северо-западных районах Рус-

ской равнины, в Прикаспийской низменности и Туркмении. В нем рассматривается индикаторная роль основных компонентов ландшафта, связанных с грунтовыми водами, приводятся многочисленные индикаторы для различных природных зон, их аэрофотографическое изображение и дешифровочные признаки. В сборнике содержатся примеры дальней экстраполяции дешифровочных признаков.

В последних методических руководствах по гидрогеологической съемке имеются разделы о применении аэрометодов. В разделе, составленном Г. Ф. Лунгерсгаузенем (1961), приводятся некоторые общие сведения по аэрометодам в геологических и гидрогеологических исследованиях, дается краткое описание видов аэросъемочных работ, которые автор подразделяет на аэрофотосъемку, дешифрирование аэросъемочных материалов, аэровизуальные наблюдения и аэрогеофизические исследования. Кроме того, кратко рассматриваются виды аэросъемочных материалов и приводятся некоторые положения теории геологического и гидрогеологического дешифрирования. Раздел в другом методическом руководстве (Белецкий 1962) очень близок по содержанию к рассмотренной выше статье.

Использование материалов аэрофотосъемки применительно к районам Дальнего Востока рассматривает Я. М. Файн. При аэровизуальных наблюдениях и по аэроснимкам он наблюдал обводненные зоны. На аэроснимках эти зоны выявляются по линейной заболоченности склонов и седловин, которая сопровождается полосами темнохвойных пород деревьев (ели, пихты) среди лиственницы. Я. И. Файн отмечает, что дешифрирование аэроснимков исключает возможность пропусков крупных обводненных зон тектонических разрывов, что способствует решению вопросов водоснабжения. Позднее высокую эффективность применения аэрометодов при мелкомасштабном гидрогеологическом картировании в горно-таежных районах Дальнего Востока отмечал А. Г. Козлов (1964).

Применению аэрофотоснимков при поисках подземных вод в северных районах посвящена статья Г. В. Лазаренкова, М. А. Лисовского (1964). Авторы этой статьи приводят ряд дешифровочных признаков индикаторов подземных вод тундры и лесотундры и отмечают особенности дешифрирования аэроснимков грунтовых вод аллювиальных, ледниковых и водноледниковых отложений лесной зоны.

Методике проведения аэровизуальных наблюдений при гидрогеологической съемке посвящена статья Г. К. Михайлова (1963). Автор разрабатывает методику аэровизуальных работ при мелкомасштабном гидрогеологическом картировании на примере работы в карстовых районах восточной окраины Русской платформы и Приуральского прогиба.

В последние годы развивается ландшафтный метод гидрогеологического дешифрирования. В 1961 г. в Лаборатории аэрометодов была разработана и проверена в производственных условиях методика картирования грунтовых вод, основанная на ландшафтном подходе к дешифрированию территории. Гидрогеологические работы здесь явились частью почвенно-мелиоративного картирования. Ландшафтный подход к гидрогеологическому картированию, основанному на дешифрировании материалов аэрофотосъемки, позволил получить карты высокой точности в значительно более короткие сроки по сравнению с обычной методикой (Нефедов, 1963, 1964, 1965, 1966).

В 1964 г. подобные работы были проведены в Кустанайской области, причем исследователи пришли к тем же результатам (Марковский, Алексеенко, 1965).

В зарубежной литературе вопросу гидрогеологического дешифрирования посвящены статьи Р. Хау (Howe, 1955, 1958, 1960), который описывает опыт дешифрирования грунтовых вод на территории штата Индиана в Соединенных Штатах Америки. Обследованная территория включает восемь областей штата, находящихся в различных ландшафтных условиях. Р. Хау пишет, что техника дешифрирования аэроснимков для гидрогеологических целей основана на распознавании особенностей различных объектов местности и последующего логического заключения об их гидрогеологической значимости. Для того чтобы определить места размещения грунтовой воды, дешифровщик должен иметь серьезную подготовку по смежным дисциплинам.

Р. Хау была предпринята попытка составления карты грунтовых вод по материалам аэрофотосъемки, на которой было выделено три провинции, отличающиеся мощностью водовмещающих пород — рыхлых четвертичных образований, или, как их называет автор, водонесущих формаций. Каждая провинция отличалась степенью водообильности.

В результате проведенных работ Хау делает заключение о том, что аэроснимки, обеспечивая правильный выбор мест заложения разведочных скважин, сокращают стоимость разведки. Таким образом, Хау приходит к выводу о перспективности и эффективности применения аэрометодов в гидрогеологических исследованиях.

Вопрос дешифрирования подземных вод очень кратко затронут в руководстве по дешифрированию аэроснимков Дональда Людера (Lueder, 1959). Людер пишет, что в результате дешифрирования могут быть определены типы горных пород, их пористые и монолитные разновидности, массивные или слоистые горные породы, разрывные нарушения и многие другие геологические характеристики, являющиеся важнейшими при определении гидрогеологических условий. Он отмечает, что в районах,

сложенных несцементированными горными породами, сведения о геологическом и гидрогеологическом их строении можно получить, дешифрируя рельеф. Источником информации о подземных водах, по его мнению, служат также содержащиеся в аэроснимках сведения о геологическом строении, климате, почвах и поверхностных водах.

Этому вопросу отводится небольшой раздел в книге Ричарда Рея (Ray, 1964), посвященный дешифрированию аэроснимков при геологическом картировании. Ричард Рей считает особенно полезным применять дешифрирование аэроснимков при картировании грунтовых вод на участках, покрытых наносами. При этом по рельефу можно судить о характере водовмещающей среды, а по приуроченности растительности к границам распространения покровных галечников — о присутствии подземных вод. Путем дешифрирования растительности изучались и вопросы водоотдачи пород. Ричард Рей приходит к выводу, что максимальный эффект достигается при комбинированном использовании полевых наблюдений и дешифрировании аэроснимков.

Целесообразность дешифрирования материалов аэрофото съемки при гидрогеологических исследованиях подчеркивается и другими авторами (Fischer, 1960; Mollard, 1962; Lohman, Robi-pove, 1964). В частности, Ломэн и Робинс пишут о ценности аэроснимков для всех видов гидрогеологического изучения, в том числе для выявления выходов подземных вод на дневную поверхность и определения запасов подземных вод. В этой же статье говорится о необходимости широкого применения фотограмметрических методов.

В Лабрадоре по изменению в строении и структуре леса и покровных отложений на песчаных террасах устанавливались пути фильтрации потоков грунтовых вод, располагающихся на глубине 70 футов (Belcher, 1960).

По сообщению В. Шнейдера (Schneider, 1966), аэросъемка неопценима при изучении водных ресурсов в сильно заболоченной местности. В Южной Флориде более 3500 квадратных миль занимает крайне плоская заболоченная равнина, рельеф которой почти не выражен, в результате чего лист карты содержит не более одного контура рисунка, а многие листы и вообще не имеют контуров. К тому же при наземных исследованиях из-за малой доступности (болота, озера и т. д.) большая часть площади остается незакартированной. Аэросъемка, проведенная в 1964—1965 гг. подразделением водных ресурсов геологической съемки, позволила понять гидрологию этого участка суши и провести картирование.

## ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ

## Общие сведения

В наиболее общем понимании дешифрирование — это изучение аэроснимков с целью получения сведений об изображенной на них местности, процесс, аналогичный чтению карт. Различие заключается в степени объективности отражения действительной природной обстановки. Фотонизображение объективно. Оно обусловлено оптическими и геометрическими свойствами поверхности Земли и зависит от материалов и средств аэрофото съемки. Изображение же на картах условно и в значительной степени схематизировано.

В настоящей работе термин дешифрирование употребляется в широком смысле, для выражения всего процесса получения информации об объекте исследования. При таком понимании необходимо строго разграничивать два момента в едином процессе дешифрирования: опознавание и интерпретацию. Опознавание, или собственно дешифрирование, решает задачу установления изображенных на аэроснимке предметов и явлений и их свойств, т. е. отождествляет фотонизображение с картиной местности. Интерпретация заключается в получении характеристик объектов и явлений, не имеющих собственного фотонизображения, на основе использования закономерностей взаимосвязи с поверхностными образованиями. Таким образом, дешифрирование — это единый сложный процесс изучения по материалам аэрофотосъемки объектов и явлений, как развитых на дневной поверхности и имеющих собственное изображение, так и скрытых от непосредственного наблюдения, но тесно связанных с другими компонентами ландшафта.

Формы рельефа, растительность, почвы, лишённые растительного покрова, поверхностные воды, обнаженные коренные породы и ряд антропогенных образований имеют собственное фотонизображение. Все другие объекты и явления в большей или меньшей степени, а то и вовсе не доступны непосредственному наблюдению. К таковым относятся: коренные породы, перекрытые более поздними образованиями и растительностью, подземные воды, почвы под густым покровом растительности и другие. Для объектов первой категории могут быть получены не только качественные, но и количественные характеристики: конфигурация, размеры, площадь, количество на единицу площади и т. д. Тем не менее для полной, всеобъемлющей характеристики таких объектов необходим анализ свойств окружающей обстановки.

Сведения об объектах второй категории могут быть получены только путем использования установленных взаимо-

связей с изобразившимися на аэроснимках объектами в результате анализа свойств последних. Эти сведения носят главным образом качественный характер. Количественные показатели могут быть получены после предварительного изучения свойств поверхностных образований и установления соответствия условий природной обстановки на поверхности земли определенным параметрам объектов, находящихся на глубине.

Для дешифрирования обе эти категории объектов и явлений не имеют принципиального различия. Оно заключается лишь в качестве и количестве получаемой информации. Естественно, что объекты, поддающиеся непосредственным измерениям на аэроснимках, дешифрируются более уверенно по сравнению с объектами, не имеющими собственного изображения. Камеральное дешифрирование последних носит характер прогноза.

В зависимости от объекта изучения, а следовательно, и от направленности процесса различают следующие виды специального дешифрирования материалов аэрофотосъемки: геологическое, геоморфологическое, геоботаническое, почвенное, лесное, гидрологическое и другие. На равных правах существует гидрогеологическое дешифрирование.

Гидрогеологическое дешифрирование — это выяснение гидрогеологических условий местности, установление параметров водоносных горизонтов на основе анализа фотонизображения материалов аэрофотосъемки и связи между отдешифрированными условиями и подземными водами.

Выяснение гидрогеологических условий, их предварительная оценка по аэроснимкам складываются из установления геологического строения, коллекторских свойств горных пород и непосредственного определения гидрогеологических параметров: водоносности и водообильности геологических образований, площади питания и мест разгрузки водоносных горизонтов, характера выхода вод на дневную поверхность, глубины и условий залегания подземных вод, направления движения, степени и состава их минерализации.

Признаки, по которым проводится дешифрирование, не имеют в литературе единого наименования. Они фигурируют под названиями: дешифрирующие (Петрусевич, 1962; Высоцкий, 1962 и др.), демаскирующие (Кудрицкий, Попов, Романова, 1956; Кудрицкий, 1960 и др.), признаки дешифрирования (Мирошниченко, 1946; Райзер, 1953, Белов, 1959), дешифровочные (Самойлович, 1953; Дейнеко, 1955; Толчельников, 1959; Альтер, 1961). Наиболее удачным и правильным представляется термин «дешифровочные признаки», который и используется в настоящей работе.

В определении и делении дешифровочных признаков также существует разноречие. Большинство авторов выделяют признаки прямые и косвенные, но вкладывают в них различные понятия.

П. Я. Райзер (1955), С. В. Белов (1959) Д. М. Кудрицкий (1956) определяют косвенные признаки как логические категории, отражающие взаимосвязь дешифрируемого объекта с другими, не изображающимися на аэроснимках. А. К. Пронин (1938) относил к косвенным признакам число или повторяемость объектов на аэроснимках, относительное их расположение, признаки хозяйственного использования. Г. Ф. Лунгерсгаузен (1961) считал, что к прямым признакам относятся «признаки, непосредственно обусловленные той или иной особенностью ландшафта или каким-либо явлением», а косвенные «свидетельствуют о более сложной зависимости между интересующими исследователя явлениями и особенностями снимка». В. И. Белцкий (1962) понимает прямые признаки как «непосредственно указывающие на наличие на данном участке тех или иных пород или подземных вод», а под косвенными — такие, «наличие которых не позволяет еще однозначно решать вопрос о присутствии картируемых элементов».

Такое разнообразие в определении прямых и косвенных признаков обусловлено в значительной степени смешением понятий «дешифровочный признак» и «поисковый признак». Строгое разграничение этих понятий вносит большую определенность. Дешифровочные признаки — это свойства аэрофотонизображения, признаки, из которых оно складывается.

К ним относятся: тон (цвет), форма и размеры контуров, рисунок, структура. По этим объективным признакам определяется (опознается) характер земной поверхности. На аэроснимках отражаются только поверхностные образования, они и характеризуются определенными дешифровочными признаками. Все, что не проявляется на дневной поверхности, не может иметь дешифровочных признаков, а характеризуется какой-то совокупностью наземных поисковых признаков, часть из которых (внешние поисковые признаки) имеет собственное фотоизображение, а следовательно, и собственные дешифровочные признаки. Поэтому когда говорят о дешифрировании таких объектов по косвенным признакам, по существу, подразумевают дешифровочные признаки наземных предметов и явлений, являющихся по отношению к объекту изучения поисковыми признаками. Смешение понятий дешифровочный и поисковый признак ведет к отвлечению от конкретных условий, к формализации и к ошибкам в дешифрировании. Строгое разграничение указанных понятий особенно важно в настоящее время, когда разрабатываются вопросы автоматизации дешифрирования. И если говорить об автоматизации, то совершенно очевидно, что ей может быть подвержена только первая стадия дешифрирования — опознавание. Основываться она будет на учете и анализе дешифровочных признаков: тона, формы и размера контуров, рисунка, структуры. Другая стадия дешифрирова-

ния — интерпретация еще долго будет оставаться процессом творческим, даже в некоторой степени искусством. Очень показательно в этом отношении высказывание американского гидрогеолога доктора Хау (Howe, 1958), который сравнивает дешифрирование с работой врача, расшифровывающего рентгеновский снимок.

Итак, по дешифровочным признакам ведется только собственно дешифрирование (опознавание) — первая стадия процесса дешифрирования. Вторая его стадия — интерпретация — использует логические категории, основанные на коррелятивных связях, существующих между компонентами ландшафта. Понско-вые признаки или, что то же самое, индикаторы — это природные объекты или их характерные черты, видимые на дневной поверхности и взаимосвязанные с объектами, скрытыми от глаз наблюдателя. При изучении объектов, не имеющих собственного фотозображения, с помощью аэроснимков по дешифровочным признакам опознаются индикаторы, а сами объекты исследования устанавливаются путем логических рассуждений.

Таким образом, в гидрогеологическом дешифрировании выделяются две категории объектов и явлений, несколько отличающиеся по характеру процесса дешифрирования. К первой категории относятся непосредственные водопроявления, в том числе и искусственные водозаборные сооружения. Они имеют собственные дешифровочные признаки и опознаются по аэроснимкам достаточно хорошо.

Вторая категория представляет собой как отдельные элементы и компоненты ландшафта, так и целые ландшафтные единицы, в пределах которых изучается гидрогеологическая обстановка. В этом случае двухстадийность процесса дешифрирования проявляется наиболее ярко. Он состоит из опознавания морфологических единиц ландшафта и отдельных компонентов ландшафта и интерпретации их гидрогеологической сущности. Интерпретация эта опирается на существующие взаимосвязи.

Несмотря на то что в природе все взаимосвязано и взаимобусловлено и влияние, как правило, не одностороннее, а двухстороннее, все же по преобладанию процессов можно говорить об определяющих и зависимых факторах. Для подземных вод определяющими являются: геологическое строение, тектонические особенности, рельеф и климат. Компонентами ландшафта, зависящими от подземных, главным образом от грунтовых вод, являются почвы и растительность. Несомненно, что в отдельных случаях их влияние на грунтовые воды очень велико, так как растительность и почвы определяют характер поглощения поверхностных вод, а транспирация растительностью с глубокой корневой системой сокращает запасы

грунтовых вод. Однако в целом это компоненты ландшафта, зависящие от гидрогеологических условий.

Уже наименование разделов и перечень групп объектов опознавания при гидрогеологическом дешифрировании показывает широту и сложность этого процесса. Гидрогеологу при дешифрировании приходится опознавать, по существу, всю картину изображенной местности, отдавая предпочтение в определенные моменты то одному, то другому объекту. В связи с этим целесообразнее строить работу так, чтобы гидрогеологическое дешифрирование являлось частью широких комплексных работ и пользоваться данными геологического, гидрологического, геоморфологического, почвенного и геоботанического дешифрирования.

### **Дешифрирование водозаборных сооружений**

Подземные воды издавна использовались человеком, что привело к созданию многочисленных и разнообразных водозаборных сооружений. По характеру искусственных сооружений можно нередко судить не только о наличии подземных вод, но и о глубине их залегания, водообильности водоносных горизонтов, характере горных пород, пройденных водозабором.

Дешифрирование водозаборных сооружений отличается высокой точностью, но лучше всего удается по крупномасштабным аэроснимкам. Для искусственных водозаборных сооружений характерна правильная в плане форма, что позволяет легко устанавливать их по аэрофотоснимкам.

Создание искусственных сооружений, деятельность человека приводят к нарушению естественной, природной обстановки, к уничтожению растительности, к нарушению почвенного покрова и почвообразующих горных пород. Такие нарушения резко контрастируют с естественной обстановкой и хорошо видны на аэроснимках среднего масштаба благодаря различию в тоне и рисунке между ненарушенной и нарушенной частями.

При дешифрировании искусственных сооружений необходимо учитывать их положение в рельефе, чтобы избежать возможной путаницы и не принять за водозаборное сооружение какое-либо иное искусственное сооружение.

Наиболее широко распространенными водозаборными сооружениями являются: колодцы, кяризы, кудуки, каптированные источники, скважины.

**Колодцы.** В зависимости от характера местности, глубины залегания грунтовых вод, водообильности водоносного горизонта используют тот или иной тип колодцев. По аэроснимкам дешифрируются наземные сооружения самого колодца и сопровождающие его сооружения. В качестве последних могут фигурировать водоподъемники, приспособления для хранения

воды и поилки для скота. Все эти сооружения обнаруживаются по их геометрически правильной форме. Общее положение колодца, как правило, удается установить на аэроснимках по пятну, резко отличающемуся от окружающей местности, по характеру рисунка и тону, и по сходящимся тропам и дорогам, по приуроченности к отрицательным формам рельефа. На крупномасштабных аэроснимках дешифрируется сруб колодца и его устье, резервуар для воды, лотки для водопоя скота. Водоподъемники могут быть различными: ручные, журавли, вышка с роликом-блоком, ветряные водоподъемники и т. д. Все это находит отражение на аэроснимке (рис. 1).

Кудуки — простейшие водозаборные сооружения в виде неглубоких ям для получения небольших количеств воды для хозяйственных целей. Распространены в районах недостаточного увлажнения. Приурочены к понижениям рельефа, в частности, к руслам временно действующих поверхностных водотоков, под которыми образуются маломощные линзы верховодки и пресных грунтовых вод. Кудуки быстро заиляются и заменяются новыми, вблизи расположенными ямами. По количеству кудуков можно судить об интенсивности использования местных вод и о мощности линзы пресных вод: чем больше кудуков, тем менее водообильна линза. Дешифрируются кудуки по форме изображения на аэроснимках в виде группы округлых пятен в руслах проток и сезонных ручьев и рек (рис. 2). При дешифрировании очень важно учитывать местоположение кудуков, чтобы не спутать их с изображением мелких ям, из которых берут глину для сооружения близко расположенных кошар. Ямы для извлечения глины располагаются, в отличие от кудуков, обычно по берегам ручьев, на возвышенных участках (рис. 2 б).

Кяризы — гидротехнические сооружения, характерные для предгорных наклонных равнин. Служат для получения довольно больших объемов воды при низкой водообильности водоносных горизонтов. Кяризы состоят из подземных слегка наклонных галерей, которые сообщаются с поверхностью шурфами-колодцами. Галерея под небольшим углом пересекает поток грунтовых вод. В зависимости от глубины залегания зеркала вод варьирует глубина залегания галереи. Постепенно глубина галереи уменьшается и в конце она переходит в обычный арык. Длина галерей может достигать нескольких километров. По характеру кяриза судят о водообильности горизонта и глубине его залегания: чем более водообильный горизонт вскрывается кяризом, тем короче галерея, и чем меньше водообильность водоносного горизонта, тем длиннее галерея. О глубине галереи можно судить по величине отвалов около шурфов-колодцев, так как извлеченная порода укладывается вокруг их устья. Чем глубже залегает водоносный горизонт, тем чаще расположены смотровые колодцы. Кяризы прекрасно дешифрируются по



Рис. 1. Колодцы.

*a* — колодец с прогонной дорожкой: 1 — устье колодца, 2 — резервуар для воды-хондан, 3 — лоток для водопоя скота, 4 — прогонная дорожка, 5 — загон для скота; *б* — колодцы в русле древней реки: 1 — колодцы, 2 — барханные пески, 3 — кусты тamarисков, 4 — места установки юрт; *в* — западина с колодцем: 1 — дороги, соединяющиеся к колодцу

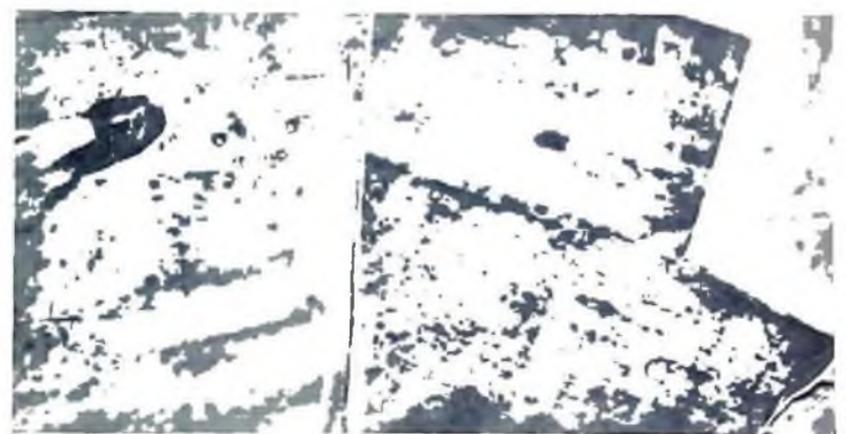
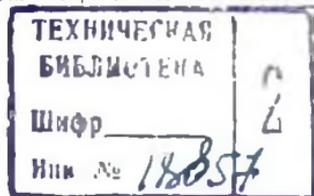


Рис. 2. Простейшие водозаборные сооружения и сооружения, сходные с ними по фотозображению.

а — кудуки в русле временно действующего подтока: 1 — кудуки, 2 — русло, 3 — б — ямы для забора глины на повышенных рельефах.



цепочке двойных кругов-колец смотровых колодцев (рис. 3). Разветвленная часть кяризов обращена к горам и начинается

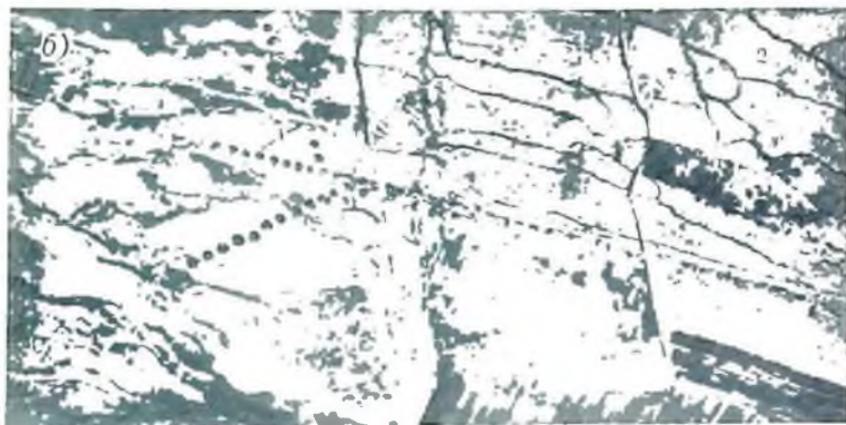


Рис. 3. Кяризы.

*a* — перспективный аэроснимок; *b* — плановый аэроснимок; 1 — смотровые колодцы, 2 — участки орошаемых земель

в верхней части предгорных шлейфов. Спускаясь вниз по конусу выноса, галерея переходит в хорошо видимый на аэроснимках открытый водоток, к которому обычно прилегают орошаемые земли.

Каптивированные источники. Каптаж источника свидетельствует о регулярности использования вод. Дешифрируется он с трудом и главным образом по крупномасштабным



Рис. 4. Каптивированный источник.

1 — отроги горных хребтов, 2 — конусы выноса, 3 — временные водотоки, 4 — выход источника, 5 — облицованное русло ручья, 6 — водоем для регулирования стока.

аэроснимкам. Наиболее легко дешифрируется наличие каптажных сооружений в том случае, если устраивается искусственное русло ручья. Во всех случаях дешифрированию способствуют правильная геометрическая форма сооружения и приуроченность к местам возможных выходов подземных вод — ущельям, логам, речным долинам, зонам тектонических нарушений и контактам пород (рис. 4).

### Дешифрирование непосредственных водопроявлений

К непосредственным водопроявлениям относятся различного рода источники, пластовые выходы, мочажинны, грязевые вулканы, выпоты, низинные болота. Общим для них является то, что подземные воды выходят на поверхность и способствуют образованию того или иного типа водоемов и водотоков или создают повышенное увлажнение почвенных горизонтов. Дешифрируются непосредственные водопроявления по водному зеркалу водотоков и водоемов. Повышенное увлажнение почвенных горизонтов отражается в тоне фотонизображения независимо от того, чем сложена эта поверхность: при наличии открытой поверхности почвы — за счет изменения спектральных свойств водонасыщенного горизонта наблюдается потемнение тона, при наличии растительного покрова — по изменению тона, связанного со сменой экологических типов растительности и их

спектральных характеристик. В некоторых случаях наличие непосредственных водопроявлений ведет к образованию специфических природных объектов, подобных болотам.

Источники — сосредоточенный выход подземных вод. Приурочены к отрицательным формам рельефа: горным ущельям, межгорным котловинам, речным долинам, оврагам, характерны для зон тектонических нарушений и контактов горных пород. Дешифрируются источники при помощи сопровождающих их явлений: образования ручьев, небольших водоемов, появления влаголюбивой растительности и почв промывного типа. Важно не просто дешифровать наличие источника, но и определить по аэроснимку его тип с целью получения сведений о подземных водах. Так, по аэроснимку можно судить об относительной водообильности горизонтов. При высокой водообильности в благоприятных условиях рельефа образуются относительно крупные водные бассейны или хорошо выраженные ручьи. При широком распространении водоносного горизонта в однородных условиях рельефа наблюдается закономерное распределение источников, формирование групп источников. Иногда на аэроснимках, в особенности крупного масштаба, можно различить сосредоточенный, как бы внезапный выход подземных вод, или постепенное увлажнение поверхностных отложений, увеличивающееся вниз по склону. Первый случай характерен для источников восходящего типа, а второй — для источников нисходящего типа (рис. 5).

В тех случаях, когда подземные воды выходят в руслах действующих рек, их наличие устанавливается только по



Рис. 5.

*а* — источник нисходящего типа: 1 — выход источника, 2 — ручей, 3 — водоем  
*б* — источник восходящего типа по контакту порфириров с известняками: 4 — источник, 5 — полевнич



#### Источники.

для регулирования стока, 4 — тополь, 5 — участок орошаемых земель, 1 — порфириты, 2 — известняки, 3 — 3 линия контакта, 4 — родник, 5 — осочники, 7 — озеро.

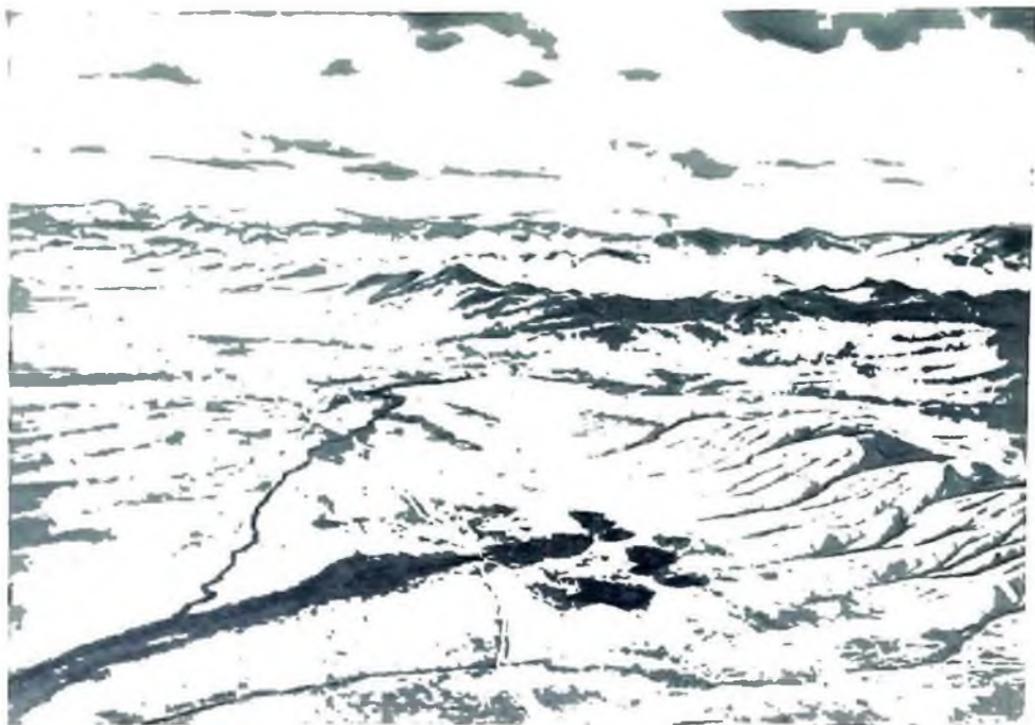


Рис. 6. Линия источников, приуроченная к тектоническому нарушению.  
Перспективный аэроснимок.

внезапному увеличению расходов реки ниже источника. По аэроснимкам такие выходы дешифрируются с трудом, и то лишь предположительно.<sup>1</sup> Линейное расположение источников может указывать на наличие зон тектонического нарушения (рис. 6).

В лесной зоне на равнинах и в горах по изменению в растительном покрове родники дешифрируются хуже, чем в степной и пустынной зонах. Мелкие, малодобитные родники почти не дешифрируются и с трудом могут быть опознаны только на крупномасштабных аэроснимках



Рис. 7. Мочажина на предгорной равнине.

1 — предгорная равнина, 2 — мочажина, 3 — ручей.

**Мочажины.** Приближение подземных вод к дневной поверхности, сопровождающееся увлажнением почвенных горизонтов, приводит к формированию мочажин — постоянно увлажненных участков земной поверхности. В засушливых районах в мочажинах формируется влаголюбивая растительность, которая и дешифрируется на аэроснимках по темному тону. Мочажины свидетельствуют о близком к поверхности залегании грунтовых вод или о наличии маломощных водоносных горизонтов (рис. 7).

**Болота.** В определенных условиях рельефа в гумидных районах подземные воды могут вызывать образование болот. Так, в условиях расчлененного рельефа на склонах могут обра-

<sup>1</sup> Места разгрузки подземных вод непосредственно со дна поверхностных водоемов и водотоков очень хорошо изображаются при аэросъемке в инфракрасных лучах (Моксэм, 1967).

зываются висячие болота. Низинные болота питаются в основном грунтовыми водами; характер низинных болот может быть отдешифрирован по аэроснимкам. Дешифрирование болот освещается в многочисленных работах Е. А. Галкиной, Е. А. Романовой и других авторов.

#### **Дешифрирование элементов рельефа, обусловленных деятельностью подземных вод**

Существует целый ряд физико-геологических явлений, появление которых наряду с другими факторами обусловлено деятельностью подземных вод: карст, оползни, суффозия, просадки и др.



Рис. 8. Карст (мелкие темные пятна правильной формы в левом нижнем углу аэроснимка — карстовые воронки).

Карст. В областях распространения карстующихся пород складывается специфическая гидрогеологическая обстановка. Легкорастворимые породы выщелачиваются поверхностными и

подземными водами, в результате чего образуется комплекс поверхностных и подземных карстовых полостей. По характеру карста можно получать некоторые сведения о подземных водах. По аэроснимкам можно учитывать наземные проявления карста — голый карст, проводить количественную оценку степени закарстованности, судить о составе карстующихся пород и границах их распространения. Дешифрируется карст, когда по-



Рис. 9. Оползневой склон.

верхностные полости достаточно велики или подчеркнуты растительностью, которая здесь обычно более влаголюбива (рис. 8) (см. работу Лисовского, 1954).

Оползни. Подземные воды являются одним из факторов, вызывающих образование оползней, поэтому присутствие свежих оползней свидетельствует о наличии водоносного горизонта. Типы оползней отличаются по характеру оползания земляных масс и дешифрируются по общему рисунку и форме на средне-масштабных аэроснимках всех типов пленок. При наличии водообильных водоносных горизонтов на поверхности оползших масс имеют место родники, мочажины, заболачивание. Все эти явления хорошо отображаются на аэроснимках, в особенности на крупномасштабных (рис. 9). Дешифрирование типов оползней излагается в ряде статей (Е. Я. Алексеенко, 1964; В. Г. Можаева, 1967 и др.).



Рис. 10. Суффозионные воронки.

1 — суффозионные воронки, 2 — русло ручья.



Рис. 11. Шоколаки.

Суффозия — это механический вынос частиц породы при интенсивной циркуляции подземных вод, сопровождающийся образованием на поверхности воронок. Суффозионные воронки дешифрируются по правильной овальной, округлой или близкой к ней форме, темному тону, связанному с увеличением поверхностного увлажнения. Чаще всего суффозионные воронки имеют незначительные размеры и поэтому дешифрируются в основном только на крупномасштабных аэроснимках. Суффозионные воронки свидетельствуют о наличии потока подземных вод, обладающего высокими скоростями фильтрации (рис. 10).

Чоколаки — небольшие песчаные бугорки, образующиеся в пустынях за счет цементирования песчаного материала солями, образующимися при испарении близких напорных подземных вод. На вершинах чоколаков поселяются растения — фреатофиты (тамарикс, камыш и др.). Дешифрируются чоколаки по правильной форме, серому тону с темным центральным пятнышком, связанным с изображением растительности на бугре (рис. 11).

### **Дешифрирование природных факторов, определяющих гидрогеологические условия**

Такие факторы, как геологическое строение, рельеф, поверхностные воды, а также тектонические особенности строения, определяют гидрогеологические условия и могут рассматриваться в качестве поисковых критериев. Если же эти объекты открыты, видимы, т. е. являются внешними поисковыми признаками, то они могут быть при соблюдении определенных условий опознаны на аэроснимках по дешифровочным признакам.

**Рельеф** оказывает определяющее влияние на формирование и состояние грунтовых вод. Он вызывает перераспределение атмосферных осадков, определяет места инфильтрации поверхностных вод и разгрузки водоносных горизонтов, изменяет направление и скорость движения вод и т. д. Поэтому изучение гидрогеологических условий рекомендуется начинать с анализа форм рельефа.

Древние долины, выполненные аллювиальными отложениями, нередко содержат потоки грунтовых вод. Они занимают пониженное положение в рельефе и благодаря этому играют роль местных водосборов. Инфильтрующиеся атмосферные осадки формируют в них грунтовый поток, направление движения которого совпадает с направлением течения древней реки. Аллювиальные отложения служат хорошим аккумулятором грунтовых вод, и поэтому воды аллювиальных отложений отличаются обычно хорошим качеством. Дешифрируются древние долины на аэроснимках различных масштабов по форме долины в плане, за исключением тех случаев, когда они полностью погребены более поздними образованиями. На аэроснимках

крупного масштаба можно вести дешифрирование по стереоскопической модели. Дополнительным показателем наличия грунтового потока служит появление влаголюбивой растительности и водозаборных сооружений (рис. 12).

Современные долины, выполненные аллювиальными отложениями, также нередко характеризуются наличием грун-



Рис. 12. Древняя долина реки.

1 — долина, 2 — надпойменная терраса, 3 — барханные пески

товых потоков. Своеобразной формой являются слепые дельты современных рек, характеризующиеся тем, что крупные реки, доходя до песчаных массивов, не могут пронести через них свои воды и иссякают, не впадая в какой-либо крупный водный бассейн. Подобное явление наблюдается у таких рек, как Мургаб, Теджен, Атрек. Рукава слепой дельты не имеют поверхностного водного потока, однако под ними нередко на значительной глубине имеется грунтовый поток. Дополнительными показателями грунтового потока также являются растения — фреатофиты — и водозаборные сооружения, хорошо дешифрирующиеся по аэроснимкам, на которых слепые дельты имеют специфическую форму изображения. Тон грунтового потока

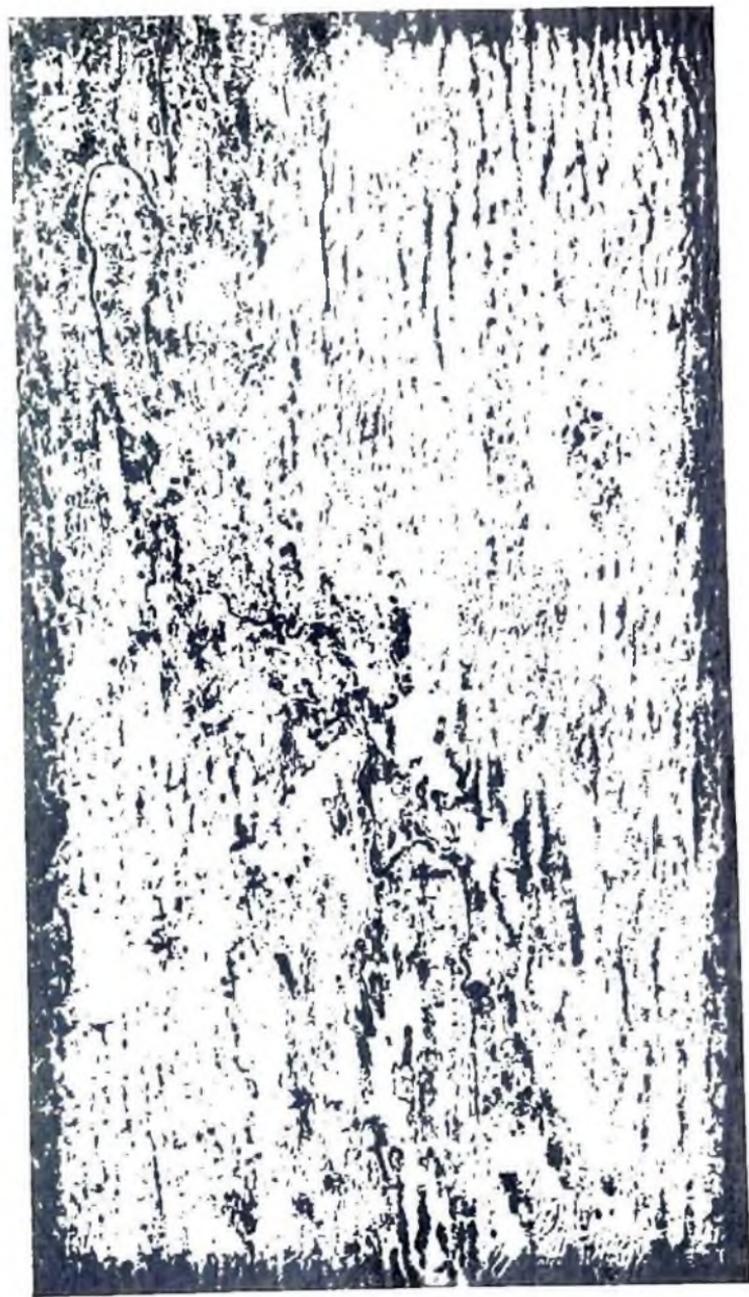


Рис. 13. Сленая дельта.

в зависимости от различных факторов может отличаться от тона окружающей местности (обычно он более темный) (рис. 13).

Показателем линз грунтовых вод могут служить отдельные формы рельефа.

Изолированные массивы песков являются аккумулятором грунтовых вод. Примером могут служить песчаные массивы овальных очертаний, встречающиеся в Прикаспии, Казахстане и других районах Средней Азии. Такие изолированные массивы формируются на твердом основании — глинном или суглинном под воздействием ветров, когда песчаный материал как бы растекается по твердому основанию и приобретает овальные очертания. Длинная ось овала соответствует на-



Рис. 14. Межгорная долина.

правлению преобладающих ветров. Такие массивы являются участками развития пресных и соленых грунтовых вод.

Межгорные впадины и понижения создают условия, благоприятные для формирования малых и средних артезианских бассейнов и бассейнов грунтовых вод. Питание подземных вод осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков как непосредственно в котловинах, так и на склонах окружающих гор. Инфильтрации благоприятствует наличие хорошо водопроницаемых пород. Залегают грунтовые воды в межгорных впадинах и понижениях часто на значительной глубине, но в зависимости от геологического строения могут быть и иные случаи. Основная площадь водосборов лежит выше поверхности котловин, и поэтому иногда они служат местами разгрузки водоносных горизонтов, и тогда к ним бывают приурочены родники, мочажинны и пятна заболачивания (рис. 14). Дешифрируются межгорные впадины по стереоскопической модели местности на аэроснимках среднего и мелкого масштабов. Круп-

номасштабные аэроснимки представляют интерес при дешифрировании деталей рельефа, родников, мочажин и других индикаторов.

Конусы выноса изображаются на аэроснимках в виде треугольников с вершиной, обращенной к горным сооружениям, и распылчатым основанием, сливающимся с окружающей предгорной наклонной равниной. Для установления гидрогеологических параметров необходимо знание характера слагающих конус пролювиальных наносов, размеров конусов, характера эрозийной сети, указывающего на состав пролювиальных отложений, характер прилегающих горных сооружений. Все эти данные могут быть получены по аэроснимкам. Конусы выноса, сложенные грубообломочным материалом, отличаются наиболее резкими границами и редкой эрозийной сетью на поверхности. На крупномасштабных аэроснимках они имеют неравномерное зернистое фотозображение, обусловленное наличием на поверхности крупных обломков пород. Конусы выноса, сложенные глинистым материалом, отличаются нерезкими границами, плавными очертаниями; на их поверхности наблюдается густая сеть русел временных водотоков. Наиболее благоприятными условиями для образования грунтового потока обладают конусы выноса, сложенные грубообломочным материалом. Здесь грунтовые воды отличаются наибольшими расходами, скоростями фильтрации, лучшим качеством и значительной глубиной залегания (рис. 15).

Бедленд — тип рельефа, образующийся при интенсивном эрозийном расчленении в условиях засушливого климата. Это сильно- и сложнорасчлененные возвышенности, сложенные горными породами, являющимися хорошим водоупором. Для формирования грунтовых вод эти условия неблагоприятны. По поверхности бедленда происходит интенсивный поверхностный сток. Дешифрируется бедленд по своеобразному, специфическому рисунку фотозображения (рис. 16).

Лощины, лиманы, западины, падины и другие отрицательные формы рельефа служат местными водосборами, очагами инфильтрации. Под ними могут образовываться небольшие линзы грунтовых вод. Характеристики грунтовых вод подобных линз могут быть различными и зависят от многих факторов. Показателем качества воды служат почвы, растительность, наличие водозаборных сооружений и прочее. Все перечисленные образования дешифрируются по форме изображения, тон их различен.

**Горные породы** являются средой, вмещающей подземные воды, и поэтому оказывают существенное влияние на все гидрогеологические характеристики. Для грунтовых вод наибольший интерес представляют покровные четвертичные породы.

Галечники отличаются высокими водопроницаемыми свойствами и являются прекрасным коллектором подземных вод. Благодаря интенсивности водообмена в водоносных горизонтах качество воды галечников обычно высокое. Галечники



Рис. 15 Конусы выноса.

1 — конус выноса, 2 — русла временных водотоков

дешифрируются по аэроснимкам не только тогда, когда они выходят на поверхность, но и в том случае, если они прикрыты почвенным слоем и растительностью. Они отличаются светлым тоном и неясным рябым рисунком. Почвы на галечниках обычно скелетные, а растительность довольно сильно разрежена, что отражается в посветлении тона фотонзображения. Дешифрированию галечников способствует также их приуроченность к речным долинам (рис. 17).

Пески обладают довольно высокой водопроницаемостью и хорошими коллекторскими свойствами. Поверхностный сток на



Рис. 16. Бедленд.



Рис. 17. Галечники.

участках рельефа, сложенных песками, отсутствует, атмосферные осадки инфильтруются по всей поверхности. Открытые пески при наличии следов перевевания легко дешифрируются по специфическому рисунку изображения, отражающему формы песчаного рельефа. Структура рисунка зернистая, обычно отчетливо выражена. При зарастании песков псаммофитной растительностью общая картина их не нарушается. Благодаря наличию своеобразных мезоформ рельефа по аэроснимкам дешифрируются типы песков (барханные, грядовые, ячеистые, бугристые и др.). Типы песков зависят не только от внешних факторов, но и от состава, поэтому дешифрирование типов позволяет

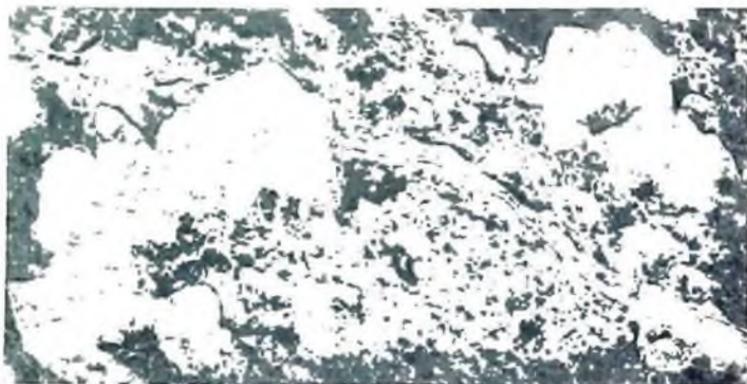


Рис. 18. Пески.

уточнить гидрогеологические характеристики. Пески, заключенные между пластами сцементированных осадочных пород, дешифрируются по пологим участкам склонов и по более светлому тону. К таким местам могут быть приурочены выходы подземных вод на поверхность (рис. 18).

Глины практически водонепроницаемы и создают водопоры водоносных горизонтов. Поверхность, сложенная глинами, характеризуется сложной эрозийной сетью. Глинистые поверхности обеспечивают сток атмосферных осадков. При сплошном расположении глинистых осадков, перемежающихся с другими породами, глинам свойственны отрицательные формы рельефа; к таким участкам часто бывают приурочены родники. К откосам и склонам, имеющим в своем разрезе слои глины, часто бывают приурочены оползни. По сравнению с песками тон изображения глин более темный (рис. 19).

Фотоизображение суглинков, в особенности тяжелых и средних, сходно с изображением глин. В свою очередь дешифровочные характеристики супесей схожи с дешифровочными характеристиками песков (рис. 20).

Коренные породы дешифрируются в первую очередь по принадлежности к типам (осадочные, изверженные, метаморфические). Для осадочных пород часто характерен полосчатый рисунок фотонизображения, являющийся отражением слоистого строения осадочных толщ, в составе которых присутствуют слои, различающиеся окраской и степенью устойчивости к процессам выветривания. В противоположность осадочным изверженные породы отличаются однородностью фотонизображения.

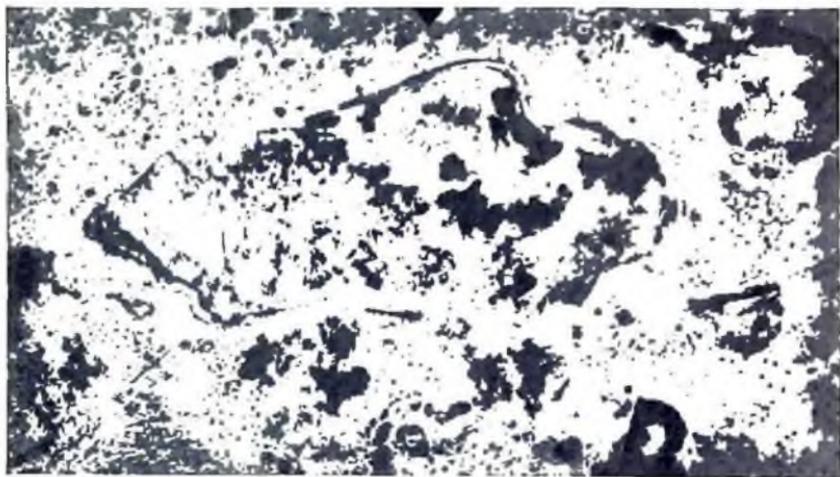


Рис 19. Паднины, развитые на хвалынских глинах шоколадного цвета

Характерным дешифровочным признаком многих изверженных горных пород является специфический рисунок трещиноватости, отчетливо выражающийся на аэроснимках. Наиболее характерным рисунком трещиноватости на аэроснимках обладают граниты. Метаморфические породы по сравнению с другими типами дешифрируются с трудом. Общими дешифровочными признаками метаморфических пород является их дислоцированность и наличие многочисленных линейных элементов. Фотонизображение некоторых видов коренных пород приведено на рис. 21.<sup>1</sup>

Существует тесная зависимость гидрогеологических условий от геологических структур, от условий залегания водоносных горизонтов. Например, к синклиналильным структурам горных сооружений приурочены малые и средние артезианские бассейны. Типы структур дешифрируются по общему рисунку, отражающему форму структур в плане. Примером может

<sup>1</sup> Более полные сведения по дешифрированию горных пород можно найти в ряде руководств: Мирошниченко, 1946; Лисовский, 1954; Петрусевич, 1962; «Аэрометоды при геологической съемке и поисках полезных ископаемых», т. I, II. Изд. «Недра», М., 1964 и др.



Рис. 20. Суглики и супеси.

*a* — поверхность равнины, сложенной верхнехвалынскими сугликами;  
*b* — первая надпойменная терраса р. Дарьялык, сложенная лессовидными сугликами; *в* — участок равнины на супесях.

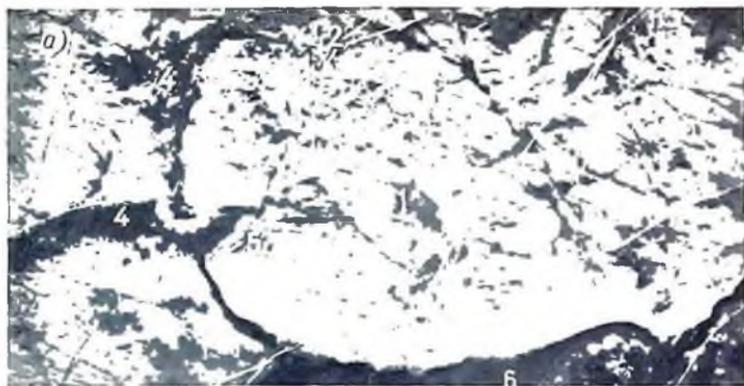


Рис. 21. Выходы коренных пород на поверхность.

*a* — массив трещиноватых гранодиоритов; *б* — предгорная наклонная равнина, сложенная песчаниками; *в* — выход известняков на дневную поверхность.

служить брахисинклинальная складка, дешифрирующаяся по концентрическому рисунку полос различного тона, отражающая выходы пластов песчаника и конгломератов (рис. 22).

Наиболее легко геологические структуры дешифрируются по мелкомасштабным аэроснимкам.

Зоны контактов горных пород, различающихся по водопроницаемости, дешифрируются по аэроснимкам обычно по резкому изменению тона и рисунка. Зоны тектонических нарушений часто являются местами разгрузки подземных вод. На аэроснимках такие зоны дешифрируются по несогласному залеганию пластов осадочных пород, по рисунку прямолинейно ограниченных блоков, по изображению крупных разрывных нарушений. К ним также часто бывают приурочены родники, заболоченности, мочажины.

По аэрофотоснимкам хорошо дешифрируется характер трещиноватости горных пород, что важно при изучении трещинных подземных вод. Наиболее отчетливое изображение получают трещины крупных и средних размеров в том случае, когда породы обнажены. Иногда же они дешифрируются и под покровом рыхлых отложений. Изображаются трещины в виде узких темных полос, характерных для приуроченной к ним в засушливой зоне влаголюбивой растительности. Трещины, погребенные под наносами коренных пород, индицируются также линейно расположенными понижениями рельефа: западинами, просадочными и суффозионными воронками и т. д. Рисунок трещиноватости на аэроснимках бывает настолько специфичным, что только по нему можно определять принадлежность пород к той или иной группе. Характерный рисунок трещиноватости, например, имеют гранитонды (рис. 21 а). Для изучения трещиноватости наиболее удобны крупномасштабные аэроснимки (1:5000—1:10 000); с уменьшением масштаба количество трещин, которые можно отдешифровать, резко сокращается. Замеры отдельных трещин, проведенные непосредственно по аэрофотоснимкам, могут быть использованы для построения роз — диаграмм их простираний.

**Поверхностные воды** являются частью гидросферы, неразрывно связаны с грунтовыми водами и на этом основании рассматриваются в качестве прямых гидрогеологических индикаторов. К ним относятся реки и ручьи постоянные, озера (пресные и соленые), болота, временные водотоки и т. д.

Поверхностные воды доступны для непосредственного изучения, поэтому имеют существенное значение для понимания гидрогеологических условий.

Понижения рельефа, занятые поверхностными водами, часто являются естественными дренами подземных водоносных горизонтов. О питании рек и ручьев мощными подземными горизонтами свидетельствует внезапное увеличение их расходов на небольшом протяжении.



Рис. 22. Брахистокливая складка.

В пустынных областях существование озер, непересыхающих в течение лета, также говорит о пыклинивании подземных потоков. Может иметь место и обратное явление — питание грунтовых вод поверхностными водами. Об этом свидетельствует резкое уменьшение расходов рек и ручьев или их совершенное исчезновение в областях развития карста, в аллювиальных песках, галечниках и других поглощающих воду породах. Вдоль русел рек часто наблюдается полоса грунтовых вод, так называемые прирусловые потоки. Ширина ее и мощность колеблются в зависимости от расходов реки и водопроницаемости пород. Например, Аму-Дарья образует прирусловой поток грунтовых вод, ширина которого в низовьях достигает нескольких километров, причем с удалением от русла увеличивается глубина залегания зеркала грунтовых вод и ухудшается их качество.

Таким образом, поверхностные воды могут питать или оказывать подпорное влияние на подземные воды. В случае когда подземные воды питают реку, уровень воды в водоносном пласте будет находиться выше, чем в реке. Если воды реки питают подземные воды, то уровень подземных вод будет понижаться от реки. В зависимости от геологического строения речной долины питание реки подземными водами может происходить на разных склонах долины. Могут иметь место случаи питания реки подземными водами с одного склона долины, на другом же склоне воды реки будут питать подземные водоносные горизонты.

Известно, что для большинства бассейнов Европейской части СССР характерно питание рек подземными водами, за исключением паводковых периодов, когда поверхностные воды подпирают уровень подземных вод и питают воды не только аллювиальных, но и коренных отложений. Водоносные горизонты в районах недостаточного увлажнения, как правило, питаются водами открытых водотоков.

Процесс водообмена между поверхностными водоемами и горными породами, слагающими их берега, носит название берегового регулирования. Изучение его представляет большой интерес как с гидрологической, так и с гидрогеологической точки зрения. Минимальный сток поверхностных водотоков является в основном результатом их подземного питания, поэтому по минимальному стоку можно судить о водообильности водоносных горизонтов, дренируемых рекой. Так, в соответствии с представлениями Ф. А. Макаренко (1947) «...полная величина динамических запасов грунтовых вод, не использованных природой и человеком, равна в среднем балансовом выражении полной величине их дренирования». При изучении процесса берегового регулирования необходимо прежде всего выявить участки активного водообмена. Для их обнаружения и для выбора

местоположения профилей и наблюдательных скважин большую помощь могут оказать материалы аэрофотосъемки. В своей монографии, являющейся одной из наиболее полных и обстоятельных сводок по данному вопросу, О. В. Попов (1968) пишет: «В основу исследований берегового регулирования в условиях гидравлической связи подземных и речных вод должен быть положен анализ результатов натуральных наблюдений за режимом водообмена между рекой и подземными водами в период половодья и паводков... Для распространения этих данных на бассейны следует осуществлять систематические аэрофотосъемки разливов во всей гидрографической сети изучаемого объекта, в разные фазы половодий и паводков. Это позволит оценить площади, на которых может иметь место береговое регулирование».

В настоящее время основными методами изучения характера процессов берегового регулирования являются гидродинамический метод и гидрометрические съемки (О. В. Попов, 1968). И в том и в другом случае материалы аэрофотосъемки могут быть использованы в качестве основы для выбора мест заложения гидрогеологических профилей и гидрометрических створов. Дешифрирование аэроснимков предопределяет правильность определения точек наземных наблюдений, в результате чего могут быть получены данные, наиболее представительные для исследуемого участка местности.

О многом в отношении гидрогеологических условий местности говорят такие особенности гидрографии, как большая или меньшая густота речной сети, преобладающая ее ориентировка. Кроме того, к долинам рек, озерным впадинам часто бывают приурочены родники.

Следовательно, имея данные о поверхностных водах, можно составить представление об общей водоносности района, о питании и разгрузке водоносных горизонтов, о глубине залегания их зеркала, о направлении движения подземных вод; можно также в какой-то мере судить о степени минерализации их и обнаруживать участки распространения пресных подземных вод на фоне высокоминерализованных вод в аридных районах.

На аэроснимке реки имеют вид лент извилистой формы различной ширины. Если уровень воды в реке с течением времени понижается, то можно видеть старое широкое русло и новое, более узкое.

Близкое залегание грунтовых вод вдоль русел действующих рек маркируется растительностью (рис. 23). Наличие вдоль реки колодцев также непосредственно указывает на присутствие пресных грунтовых вод.

Фотонизображение ручьев аналогично изображению рек и отличается только меньшими размерами. Ручьи указывают на



Рис. 23. Пойма реки с близким залеганием грунтовых вод, глубина залегания которых меняется в зависимости от рельефа (0,2—2 м).

наличие вверх по течению выходов подземных вод (родников).

В горных засушливых и полусушливых областях получает значительное развитие деятельность временных бурных потоков, которые стремительно низвергаются по склонам во время каждого сильного ливня или при быстром таянии снегов. В результате поверхность предгорной равнины бывает изрезана мелкой сухой гидрографической сетью. Большинство глубоких русел, вырытых на предгорной равнине этими кратковременными потоками, берет начало далеко в горах. Мелкие же эрозионные формы начинаются непосредственно на предгорной равнине. После редких и интенсивных грозовых ливней происходит кратковременная сильная обводненность временных водотоков. Воды сбрасываются с наклонных предгорных равнин в рыхлые толщи прилегающих песчаных массивов и могут образовывать здесь линзы пресных грунтовых вод. Решающее значение для образования предгорных линз пресных вод имеет сосредоточенность стока. Небольшое число хорошо выработанных сухих русел говорит о концентрации поверхностного стока и, следовательно, о наиболее вероятном нахождении линз пресных грунтовых вод в прилегающих песках.

На аэроснимке сухие русла изображаются в виде параллельной или веерообразно расходящейся сети светлых узких извилистых полосок. Изображение более крупных единичных русел сходно с изображением действующих ручьев и отличается от последних отсутствием водного зеркала.

Грунтовые воды также связаны с водами озер, которые являются прямым положительным индикатором. Пресные озера отличаются хорошо развитым растительным покровом по берегам; в пустыне вдоль их берегов встречаются одиночные деревья туранги, пышно развитые экземпляры тамарисков, лизия и сомкнутые заросли тростников.

На аэроснимке пресные озера дешифрируются по ровному тону водного зеркала и по темной кайме растительности на его берегах.

У озер, обязанных своим происхождением поверхностным водам, можно видеть питающее их сухое русло. Нахождение линзы пресных грунтовых вод наиболее вероятно в пониженных участках, по направлению стока, т. е. в конце озера, противоположном впадению питающего его сухого русла.

Некоторые озера к концу лета могут полностью пересыхать, и тогда на аэроснимках озерные впадины опознаются по пятну густой мезофильной растительности, дающей изображение темных тонов.

В отличие от пресных, соленые озера узнаются на аэроснимке по белесоватой кайме выцветов солей и слабому разви-

тию растительности по берегам. Здесь развиваются засоленные почвы и растения, выдерживающие значительное засоление.

### Дешифрирование компонентов ландшафта, зависимых от грунтовых вод

**Почвы.** Если перечисленные в предыдущем разделе компоненты ландшафта в основном определяют гидрогеологические условия, т. е. являются средой, обуславливающей главнейшие их особенности, то ряд компонентов ландшафта, таких как почвы и растительность, оказываются зависящими от гидрогеологических условий. Вместе с тем, являясь поверхностными образованиями, они могут быть использованы при дешифрировании подземных вод. «Почва является всецело отражением других элементов ландшафта» (Полынов, 1952).

Являясь водосборной поверхностью и в какой-то мере водовмещающей средой, она оказывает влияние на химизм грунтовых вод. А условия залегания грунтовых вод, их режим, степень минерализации и химический состав при достаточно близком их залегании к дневной поверхности определяют особенности почвенного покрова. Основываясь на этой взаимосвязи, Г. Н. Высоккий (Герасимов, Глазовская, 1960) выделил пять типов почв: промывной, непромывной, выпотной, воднозастойный и постоянно мерзлый. По этому же принципу А. А. Роде (1956) выделил пять типов почв: мерзлотные, промывные и периодически промывные, непромывные, выпотные, ирригационные, которые в зависимости от источников и степени увлажнения подразделяются на 16 подтипов. Классификации такого рода позволяют использовать почвы в качестве индикаторов грунтовых вод. Наибольший интерес для гидрогеологов представляют почвы промывного ряда. Эти почвы характеризуются сквозным промачиванием до грунтовых вод. Постоянное промачивание ведет к выщелачиванию и выносу растворимых соединений. В условиях засушливого климата почвы промывного ряда указывают, как правило, на близкие грунтовые воды, пресные или слабоминерализованные.

Почвы непромывного ряда указывают на то, что связь между атмосферными осадками и грунтовыми водами отсутствует, в толще почвы имеется «мертвый горизонт».

Почвы выпотного ряда свидетельствуют о наличии грунтовых вод, залегающих выше критического уровня. За счет восходящих, капиллярных и пленочных токов почвенно-грунтовой влаги происходит засоление почвенных горизонтов. При достижении зеркалом грунтовых вод отметок выше критической глубины плодородие почв теряется, существенно изменяются их свойства.

Почвы воднозастойного ряда указывают на переувлажнение слоя пород от поверхности земли до уровня грунтовых вод и на малую подвижность воды.

В. А. Ковда (1960), классифицируя почвы Евразии, рассматривает грунтовые воды как один из основных источников образования засоленных почв. Он пишет, что каждому типу засоленных почв соответствует определенная гидрогеологическая обстановка: соляные коры образуются в результате химического осаждения солей из высоко концентрированных озерных или подземных вод с сухим остатком 250—500 г/л. Солончаки по отношению к грунтовым водам подразделяются на активные и остаточные. Первые непосредственно связаны с грунтовыми водами, зеркало которых в разное время года находится на глубине 0,5—3 м, а минерализация может изменяться в широких пределах (5—100 г/л). Для второй группы характерно залегание грунтовых вод на глубине 10—15 м. Солончаковые луговые почвы характеризуются глубиной залегания грунтовых вод в 1,5—3 м и степенью минерализации в 0,5—5 г/л. Остаточно-солончаковым почвам соответствуют грунтовые воды с глубиной залегания больше 10—20 м и степенью минерализации в 10—30 г/л. Лугово-солончаковые солонцы развиваются в условиях умеренно-соленых грунтовых вод, залегающих на глубине 3—8 м. Солонцы степные образуются без участия грунтовых вод на высоких древних террасах или водораздельных равнинах, где зеркало грунтовых вод залегает глубже 20—30 м. Для такыров характерна глубина залегания грунтовых вод 10—30 м и более.

Таким образом, по почвенному покрову можно ориентировочно судить о глубине залегания, степени минерализации, качественном и количественном составе грунтовых вод, о распределении площадей их питания и разгрузки.

Солончаки являются почвами выпотного ряда. Они указывают на наличие близких высокоминерализованных грунтовых вод и являются прямыми индикаторами на грунтовые воды.

В зависимости от уровня залегания и режима грунтовых вод меняется характер солевого профиля солончаков, на основании чего они делятся на подтипы, а в зависимости от состава грунтовых вод определяется вид солончака. Принадлежность солончаков к тому или иному подтипу, вернее, определение такой их принадлежности, одновременно позволяет судить о глубине залегания и режиме грунтовых вод, а вид солончаков — о типе засоления грунтовых вод.

Солончаки соровые, или шоровые. Соли накапливаются в поверхностных горизонтах почвы, причем накопление их идет в основном за счет испарения поверхностных вод. Дешифрируются по резким границам контуров, по приуроченности к понижениям рельефа, по ровному тону. Тон их изобра-

жения меняется в зависимости от времени съемки. Весной соры заполнены водой и изображаются, как и всякая водная поверхность. После высыхания воды тон изображения светлый, до очень светлого (рис. 24 а).

Корковые солончаки свидетельствуют о том, что уровень грунтовых вод в течение года слабо колеблется и капиллярно поднимающаяся влага всегда достигает поверхности почвы. Соли сконцентрированы на поверхности и в самом верхнем горизонте почвы. Распространены корковые солончаки в бессточных и малосточных областях по низким террасам и дельтам рек, террасам озер и низменным морским побережьям.

На черно-белых аэроснимках корковые солончаки в сухом состоянии дешифрируются по очень светлому тону и местоположению в рельефе.

Типичные солончаки. Указывают на изменение уровня грунтовых вод в течение года; максимальное количество солей скапливается не только на поверхности солончака, но и по всей толще почвы. На черно-белых аэроснимках с пленки панхром типичные солончаки дешифрируются по очень светлому, почти белому ровному тону (рис. 24 б).

Пухлые солончаки. Указывают на засоление сульфатно-натриевого типа. На поверхности таких солончаков образуется пухлая корка, пронизанная кристаллами солей. На крупномасштабных аэроснимках дешифрируются по специфическому рисунку, отражающему пухлое строение корки, по относительно светлому тону изображения и по растительному покрову. К пухлым солончакам могут быть приурочены слабо-минерализованные грунтовые воды. В таких случаях на поверхности солончака появляются заросли влаголюбивых растений, например заросли тростника или черносаксуловые рощи (рис. 24 в).

Мокрые, или черные, солончаки. Свидетельствуют о хлоридно-кальцево-магниево-натриево-сульфатном типе засоления грунтовых вод. Эти соли гигроскопичны и поглощают воду, вследствие чего корочка на поверхности солончака не образуется, соли растворяются и почва с поверхности увлажняется. Образуются мокрые солончаки. На аэроснимках они дешифрируются по местоположению и довольно темному ровному тону.

Такыры являются характерным элементом ландшафта аридных зон. Они отличаются чрезвычайной выравненностью поверхности и ее высокими водоудерживающими свойствами. Плотная глинистая корка такыра с поверхности разбита неглубокими трещинами на множество отдельных, придающих такыру на крупномасштабных аэроснимках характерный рисунок мелкой сетки.

Такырные почвы образуются по понижениям рельефа, в условиях редкого периодического поверхностного обводнения

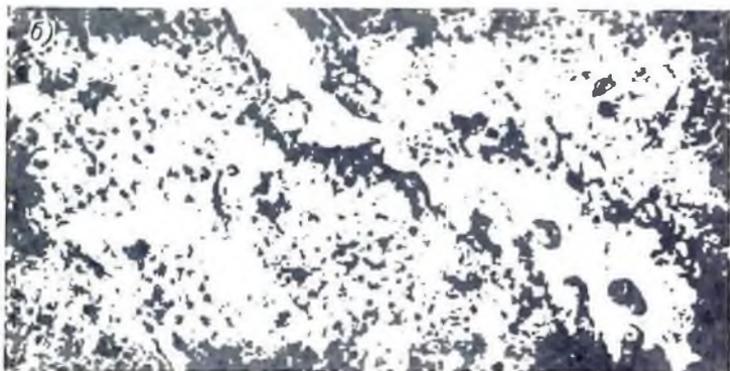


Рис. 24. Солончаки.

*а* — сорные солончаки: 1 — сорные солончаки, 2 — западины, 3 — древесаллю-  
вально-дельтовая равнина; *б* — солончак типичный; *в* — солончак пухлый.

за счет разливов рек, поверхностного стока после редких ливневых дождей, при орошении. С грунтовыми водами образование такыров и такырных почв не связано. Обычно под ними лежат зональные грунтовые воды, т. е. в условиях пустыни — это высокоминерализованные грунтовые воды.

В то же время такыры являются прекрасной водосборной поверхностью. Быстро намокая, такырная корка становится практически водонепроницаемой. Это свойство такыров издавна



Рис. 25. Такыр среди массива закрепленных песков.

1 — такыры, 2 — закрепленные пески, 3 — водосборный бассейн — «хак».

используется местным населением для создания наливных колодцев и искусственных линз пресных вод в прилегающих к такырам песках.

На аэроснимках такыры изображаются пятнами ровного светло-серого или очень светлого тона различных очертаний; они резко контрастируют с дифференцированным изображением окружающих песков (рис. 25).

Черноземы образуются в условиях непромывного режима, при котором смыкание поверхностных вод с грунтовыми в почвенной толще не происходит. Увлажнение идет только за счет атмосферных осадков, которых обычно хватает лишь на промачивание верхнего слоя почв. Черноземы содержат большое количество гумусовых веществ и отличаются темной окраской. В зоне степей и полупустынь черноземы указывают на наличие зональных грунтовых вод, т. е. вод с повышенной минерализацией. На аэроснимках черноземы, лишенные растительного покрова, характеризуются ровным довольно темным серым тоном (рис. 26).

Лугово-черноземные почвы степного типа указывают на дополнительное по сравнению с черноземами увлажнение, что происходит благодаря залеганию их в понижениях рельефа. В период весеннего снеготаяния вышеуказанные почвы в силу повышения уровня грунтовой воды или образования верховодки имеют черты временного выпотного или водозастойного режима. Дешифрируются по более темному по сравнению с черноземами тону.

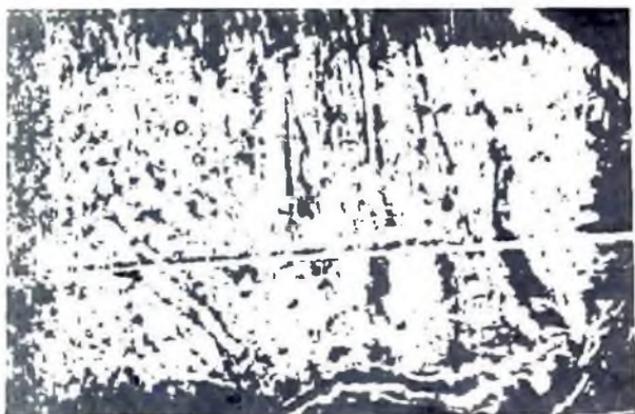


Рис. 26. Черноземы.

Каштановые и лугово-каштановые почвы (рис. 27) образуются под сухими пустынными степями при непромывном режиме. Весной происходит интенсивная гумификация и минерализация органических веществ. В жаркий период эти почвы находятся в сильно иссушенном состоянии. Указывают на наличие зональных грунтовых вод. На черно-белых аэроснимках дешифрируются по ровному серому тону.

Лугово-каштановые почвы приурочены к понижениям рельефа и получают дополнительное количество влаги за счет поверхностного весеннего стока. Наличие лугово-каштановых почв на фоне каштановых указывает на улучшение водного режима и на возможность образования верховодки и даже линз пресных грунтовых вод. Дешифрируются по более темному по сравнению с каштановыми почвами тону и по приуроченности к понижениям рельефа.

Бурые пустынно-степные почвы распространены главным образом в зоне полупустынь, с грунтовыми водами не связаны. Под ними обычно располагаются зональные грунтовые воды, т. е. воды относительно глубоко залегающие и высокоми-

нерализованные. Бурые пустынно-степные почвы могут рассматриваться как косвенный индикатор грунтовых вод высокой минерализации (30—60 г/л). На аэроснимках дешифрируются по равномерному светло-серому тону (рис. 28).



Рис 27. Каштановые почвы на склоне возвышенности.

1 — щебнистые почвы, 2 — мощные каштановые почвы по ложбинам, 3 — выходы песчанников.

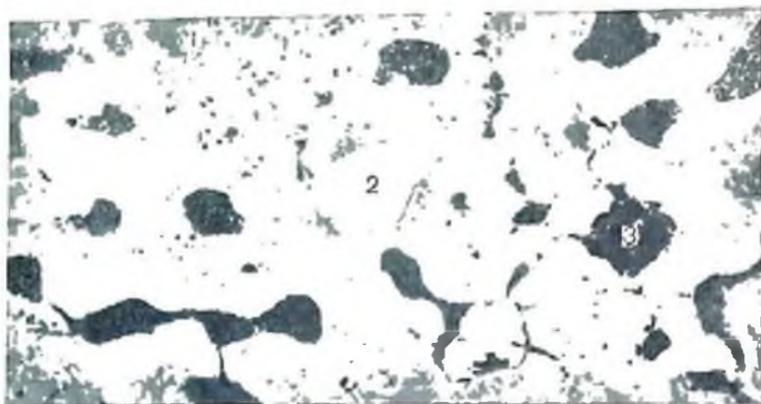


Рис. 28. Участок древней аллювиальной равнины.

1 — равнина с бурыми почвами, 2 — солончаки типичные, 3 — западина с густой растительностью.

**Растительность.** Вода является необходимой составной частью растений, способствует осуществлению обмена веществ между растением и средой, обуславливает процессы передвижения и динамики веществ внутри растения.

Еще Е. Варминг (1902) предложил разделить виды наземных растений по их отношению к влаге на три основные группы: ксерофиты, мезофиты и гигрофиты. Растения группы гигрофитов указывают на сильное, даже избыточное увлажнение почвы. Ксерофитная растительность, напротив, развивается при слабом поверхностном увлажнении почвы.

С подземными водами связаны не все растения. Многие из них довольствуются почвенной влагой, полученной от атмосферных осадков. Питание растений, связанных с грунтовыми водами, осуществляется различными путями. У одних видов корни проникают в глубь водоносного горизонта, у других достигают только капиллярной каймы, третьи получают воду за счет внутригрунтового испарения и конденсации.

Наибольший интерес для гидрогеологов представляют растения первого типа, которые находятся в прямой и наиболее тесной связи с грунтовыми водами. Эту группу растений О. Meintzer (1927) предложил называть фреатофитами.

Растительность часто является ярким показателем гидрогеологической обстановки. Ориентируясь на состав и распределение растительных видов, можно определять глубину залегания грунтовых вод, степень минерализации, устанавливать места питания и разгрузки водоносных горизонтов и определять направление их движения. В качестве показателей гидрогеологической обстановки лучше всего использовать не отдельные растения, а растительные сообщества, которые занимают большую площадь. Растительные сообщества являются более достоверными индикаторами и могут быть расшифрованы по аэроснимкам.

Туган — своеобразные леса пустынь. Они развиваются там, где грунтовые воды лежат близко к поверхности и доступны древесным породам. Их можно рассматривать как индикатор близких к поверхности грунтовых вод.

В районах Средней Азии чаще всего встречаются туган с тополем разнолиственным (*Populus euphratica*). Древесный пол в таких лесах разрежен и под ним буйно разрастаются кустарники (тамариксы, чингиль). Корни тополя разнолиственного проникают глубоко в почву, до водоносного горизонта. Наибольшего развития он достигает в тех случаях, когда пресные грунтовые воды находятся на глубине 3—5 м (Ахмедсафин, 1947; Граве, 1936; Резвой, 1957).

На аэроснимках среднего масштаба туган из тополя разнолиственного дают губчатый рисунок, который создается благодаря наличию просветов между кронами деревьев и изображением самих крон. Тон изображения темно-серый со светлыми просветами. На аэроснимках крупного масштаба отчетливо видны округлые, как бы выпуклые кроны отдельных деревьев. При еще большем укрупнении масштаба кроны тополя



Рис. 29. Туган из тополя разнолиственного, индицирующее прирусловой полог грунтовых вод.

разнолиственного приобретают узорчатую форму и ячеистый рисунок различных серых оттенков. Падающие тени крон отличаются широкой полукруглой формой (рис. 29).

Сообщества с господством солодки гладкой. Солодка гладкая (*Glycyrrhiza glabra*) — высокое (50—80 см) травянистое растение с мощной корневой системой. Горизонтальные корневища солодки тянутся в стороны на 3—5 м и способствуют ее быстрому вегетативному размножению и расселению. Вегетативное размножение обуславливает разрастание латками и приводит в благоприятных условиях к образованию густых зарослей, где проективное покрытие достигает 70—100%.

Кроме горизонтальных корневищ у солодки имеются верти-



Рис. 30. Западина с зарослями солодки голой, индицирующей линзу пресных грунтовых вод.

кальные водоподъемные корни, проникающие на глубину 3—7 м. Они всасывают воду из капиллярной каймы или непосредственно из зоны насыщения.

Общий облик солодки — мезоморфный. Высокие стебли густо покрыты сочными зелеными листьями. Развитие солодки начинается довольно поздно и продолжается до поздней осени (Ахмедсафин, 1947; Востокова, 1962; Иванов, 1953). В разных районах Прикаспийской низменности, Туркмении и Казахстана солодка является прямым, постоянным индикатором пресных грунтовых вод. Сообщества солодки обычно указывают на наличие пресных или незначительно минерализованных грунтовых вод, залегающих на глубине 3—7 м. Так, в Калмыцкой АССР обильное развитие мощных кустов солодки по западинам указывает на места формирования линз пресных грунтовых вод с глубиной залегания 4—7 м.

На аэроснимках среднего масштаба сообщества солодки изображаются интенсивным темным тоном, без определенного внутреннего рисунка. Темный тон изображения сохраняется и на осенних снимках (рис. 30). На аэроснимках крупного

масштаба ясно видно расположение солодки латками. На спектрональных аэроснимках с пленки СН-2 сообщества солодки имеют буро-коричневый цвет.

**Черносаксаульники.** Черный саксаул (*Haloxylon phyl-lum*) — типичное дерево пустынь. Форма роста саксаула в зависимости от условий произрастания меняется от настоящего дерева до кустарника. Кривые стволы несут раскидистые кроны с зелеными ассимилирующими однолетними веточками. Листья его редуцированы и превращены в мелкие малозаметные чешуйки.

На засоленных тяжелых почвах черный саксаул имеет вид кустарника. Но там, где на доступной для него глубине лежат пресные или слабоминерализованные грунтовые воды, дает толстые стволы до 6—8 м высотой и образует совершенно своеобразные светлые «рощи» (Благовещенский Э. Н., 1941).

Такие черносаксауловые роши можно рассматривать как индикатор пресных или слабоминерализованных грунтовых вод сульфатного типа засоления. По наблюдениям Т. А. Поповой (1962), в Восточных Каракумах грунтовые воды в таких случаях залегают на глубине 4—8 м. По данным Е. А. Востоковой (1961) присутствие черного саксаула указывает на грунтовые воды, зеркало которых находится на глубине 10—20 (30—40) м.

На аэроснимках черносаксаульники имеют мелкоточечный рисунок, точки-кроны интенсивного темного тона. На крупномасштабных аэроснимках отчетливо видны кроны черного саксаула. Они неправильной формы серого тона, с сильно зубчатым краем. Падающие тени — черные, повторяют форму раскидистых, начинающихся низко у земли крон (рис. 31).

**Тростниковые заросли.** Тростник (*Phragmites communis*) — высокий (до 3—3,5 м) многолетний злак с длинными ползучими корневищами. Быстрое вегетативное размножение способствует образованию густых почти чистых зарослей. Это фреатофит, у которого корни достигают горизонтов, обильно увлажняемых поверхностными или грунтовыми водами. За вегетационный период тростник выкачивает очень большое количество воды. По данным И. Н. Бейдеман (1957), тростник при среднем обилии и средней жизненности транспирирует 12 000 л<sup>3</sup> на гектар в год.

Тростник встречается в различных географических зонах и на разнообразных почвах, из-за чего его часто называют космополитом. В засушливых районах он встречается по озерам, лиманам, разливам рек, временным потокам, сухим руслам с подрусловым потоком грунтовых вод, по котловинам выдувания в песчаных массивах и других подобных местах.

Распространение тростника столь широко, что в качестве индикатора он выступает не только на территории Советского Союза, но и в зарубежных странах. Впервые тростник как ин-

дикатор грунтовых вод уломинается Витрувием. Могг (Mogg, 1930) приводит тростник в качестве индикатора на близко залегающие грунтовые воды по тектоническим разрывам для Южной Африки. На нем как на индикаторе близко залегающих грунтовых вод останавливается О. Мейнцер (1927) в своей книге «Растения как индикаторы подземных вод». Упоминается он и в многочисленных более поздних работах других исследователей.

Тростниковые заросли можно также считать индикатором и неглубоко залегающих (до 3 м) грунтовых вод. По степени засоления они могут быть различны. Густые заросли тростников,



Рис. 31. Черносаксаульники, приуроченные к слабоминерализованным грунтовым водам.

1 — барханные пески, 2 — черносаксаульники, 3 — направление движения грунтовых вод.

чистые или с другими мезофитами указывают обычно на пресные или слабоминерализованные грунтовые воды, тогда как разреженные заросли, наличие сопутствующих галофитов, образование стелющихся форм тростника указывают на повышенную минерализацию грунтовых вод.

На аэроснимке среднего масштаба с пленки панхром тип 10 чистые заросли тростника характеризуются общим ячеистым или пятнистым рисунком, который обусловлен куртинным расположением тростников (рис. 32). На крупномасштабных аэроснимках рисунок становится более отчетливым. Тон изображения тростников различен, что зависит от целого ряда факторов.

Пырейники. Пырей ползучий (*Agropyrum repens*) — злак с ползучим корневищем и тонкими корнями, которые проникают в почву на глубину 1—3 м. Встречается в различных географических зонах. Образует разнообразные сообщества: то почти чистые, то с примесью других видов.

В полупустынях он обычно приурочен к отрицательным формам рельефа, где происходит ежегодное сквозное промачивание почвы. Корни пырея не достигают грунтовых вод, и потому его нельзя рассматривать как прямой индикатор. Но его достаточно высокое влаголюбие и приуроченность к очагам инфильтрации поверхностных вод позволяют расценивать сообщества пырея ползучего в качестве косвенного индикатора. Сообщества пырея ползучего с примесью галофитов характеризуются значительной разреженностью и небольшой высотой травостоя. Они произрастают на солонцеватых почвах и связаны с маломощными



Рис. 32. Заросли тростника по берегам пересыхающих озер.

1 — куртины тростника на мелководье, 2 — густые заросли тростника при близком залегании грунтовых вод, 3 — разреженные заросли тростника при более глубоком положении зеркала грунтовых вод.

горизонтами верховодки, полностью расходующимися в течение лета на транспирацию, или с солеными грунтовыми водами. Такие пырейники на аэроснимках изображаются светлым серым тоном с мелким сетчатым рисунком.

Сообщества пырея ползучего с мезофитами характеризуются большой густотой. Они часто приурочены к рассоленным почвам промывного ряда и свидетельствуют о благоприятных условиях для образования линз пресных грунтовых вод. На аэроснимках такие пырейники изображаются равномерным, недифференцированным темно-серым или темным тоном (рис. 33). На цветных аэроснимках с пленки СН-2 пырейники изображаются коричневым тоном.

Заросли тамарикса. Тамарикс (род *Tamarix*) — крупный кустарник с сильно ветвящимися стеблями, чешуевидными листочками и глубокой корневой системой. Он является фреатофитом, получающим грунтовые воды с глубины 2—6 м (реже до

10 м). По литературным данным, корни тамарикса уходят иногда вглубь до 15—20 м. К роду тамариксов относится большое количество видов — все они являются обитателями пустынь и полупустынь. Большинство из них хорошо развивается в условиях засоления, так как они способны выделять накапливающиеся в организмах соли через устьичные отверстия листьев. На незасоленных почвах тамариксы достигают наиболее мощного развития и обычно образуют густые заросли, тогда как в условиях засоления — это менее крупные кусты, которые располагаются на значительном расстоянии друг от друга.



Рис. 33. Сообщество пырея ползучего с влаголюбивым разнотравьем, указывающее на места образования верховодки и линз опресненных грунтовых вод.

1 — понижения рельефа, занятые пырейниками, 2 — равнина с комплексным почвенно-растительным покровом

На черно-белых аэроснимках с пленки панхром среднего масштаба тамариксы имеют вид крупных черных точек правильной формы с ровными краями. На более крупномасштабных снимках становится заметно, что кроны имеют не вполне правильную, но приближающуюся к округлой форму. По краям заметна очень мелкая зубчатость. Тон изображения интенсивно темный, почти черный (рис. 34). На цветных аэроснимках с пленки СН-2 кроны тамариксов имеют темно-каштановую окраску.

Заросли полыни. Полынь лечебная (*Artemisia abrotanum*) — кустарничек с одревесневающими стеблями, густо покрытыми рассеченными зелеными листьями. Является фреатофитом и, кроме того, может выдерживать продолжительное поверхностное застывание вод. На Волго-Сарпинском междуречье

полюнь лечебная обильно развивается по сезонно действующим сухим руслам, древним озерным впадинам и другим понижениям рельефа, где пресные или слабоминерализованные грунтовые

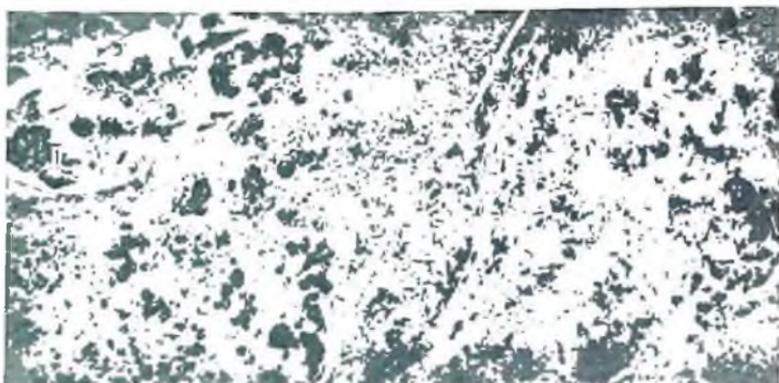


Рис. 34. Тамариск.

1 — отдельные кусты тамарикса, 2 — цепочка кустов тамарикса вдоль сухого русла



Рис. 35. Полюнь лечебная.

1 — заросли полыни лечебной в углубленной части западины, индицирующие линзу пресных грунтовых вод, 2 — равнина с комплексным почвенно-растительным покровом

воды лежат на глубине 3—5 м. По всем этим местообитаниям полынь образует очень густые, трудно проходимые заросли высотой до 80 см. Под ее пологом обычно находится второй ярус из бекмании и третий ярус из пырея и болотницы. Такие заросли можно рассматривать как положительный индикатор на

грунтовые воды. На черно-белых аэроснимках заросли полыни лечебной дают темное, до очень темного, фотонизображение и дешифрируются также по приуроченности к понижениям рельефа (рис. 35).

Сарсазанники. Сарсазан (*Halocnemum strobilaceum*) — кустарник со стелющимися по земле стеблями. Куртины его достигают 40—70 см в диаметре. Между стеблями сарсазана скапливается мелкозем, отчего образуется бугорок. Между бугорками остаются свободные пространства, чаще всего лишен-



Рис. 36. Латки сарсазана на повышенных участках рельефа, indicating высокоминерализованные грунтовые воды.

ные какой-либо растительности. Проективное покрытие сарсазанников очень невысокое.

Корневая система сарсазана сравнительно неглубокая, но всегда достигает уровня грунтовых вод или зоны капиллярных поднятий.

Пронизывание сарсазана указывает на близко расположенные от поверхности (1,5—3 м, реже до 5 м) грунтовые воды высокой минерализации, до минерализации рассолов хлоридного и сульфатно-хлоридного типа засоления (Закржевский и Корвин, 1935).

На аэроснимках среднего масштаба с пленки панхром тип 10 сарсазанники дают точечный рисунок фотонизображения, где точки серого тона разбросаны по еще более светлому, иногда почти белому тону (рис. 36). На аэроснимках крупного масштаба латки сарсазана имеют кольцевое строение. Центр кольца имеет окраску фона, а само кольцо более темное, чем фон. На цветных снимках с пленки СН-2 латки сарсазана имеют коричнево-красную окраску.

Сарсазан является индикатором на неглубоко залегающие высокоминерализованные грунтовые воды.

В качестве дополнительного, вспомогательного показателя гидрогеологических условий могут служить образования, свя-

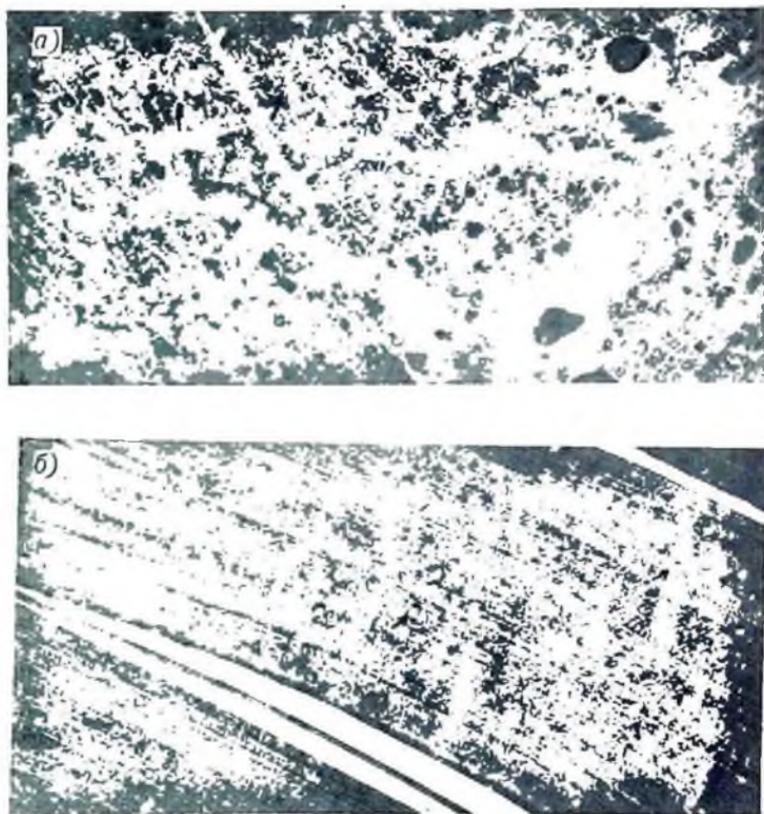


Рис. 37. Станции землероев.

*а* — сусликовины на поверхности равнины с комплексным почвенно-растительным покровом (на рисунке показаны стрелками); *б* — светлые точки сурчиц на распаханной поверхности суглинистой равнины.

занные с жизнедеятельностью некоторых видов животных и насекомых: сурчины, сусликовины, термитники. Землеройные животные строят свои жилища в местах, незатапливаемых талыми и ливневыми водами, поэтому по наземным постройкам этих животных можно оконтурить площади водосборов. Норы землеройных животных расположены исключительно на водораздель-

ных пространствах, которым в полупустынных и пустынных районах соответствуют зональные грунтовые воды, характеризующиеся повышенными глубиной залегания и степенью минерализации. Дешифрируются подобные образования на крупномасштабных и среднемасштабных аэроснимках по форме наземных построек и по тону (рис. 37).

### Дешифрирование гидрогеологических условий по морфологическим единицам ландшафта

Гидрогеологическое дешифрирование возможно не только путем использования свойств отдельных компонентов ландшафта, но и на основании изучения их совокупностей — морфологических единиц ландшафта.

Географическая оболочка земли рассматривается в настоящее время как целостная материальная система, между состав-



Рис 38. Урочище-падина, состоящее из двух фаций.

1 — склон с типчаковым сообществом. 2 — днище с разнотравно-пырейным сообществом.

ными частями которой идет непрерывный обмен энергии и вещества, вследствие чего они и развиваются как части единой системы. Географической оболочке свойственна сложная пространственная дифференциация на природные территориальные комплексы разного порядка. В качестве основной единицы территориального физико-географического деления советские географы принимают ландшафт. Под ландшафтом понимают территориально обособленный генетически однородный участок земной поверхности, обрамленный естественными границами, в котором все компоненты взаимосвязаны в целостное

образование. Ландшафт «морфологически разнороден, так как складывается из различных территориальных комплексов низшего ранга; вместе с тем однороден, так как общий стиль сочетания

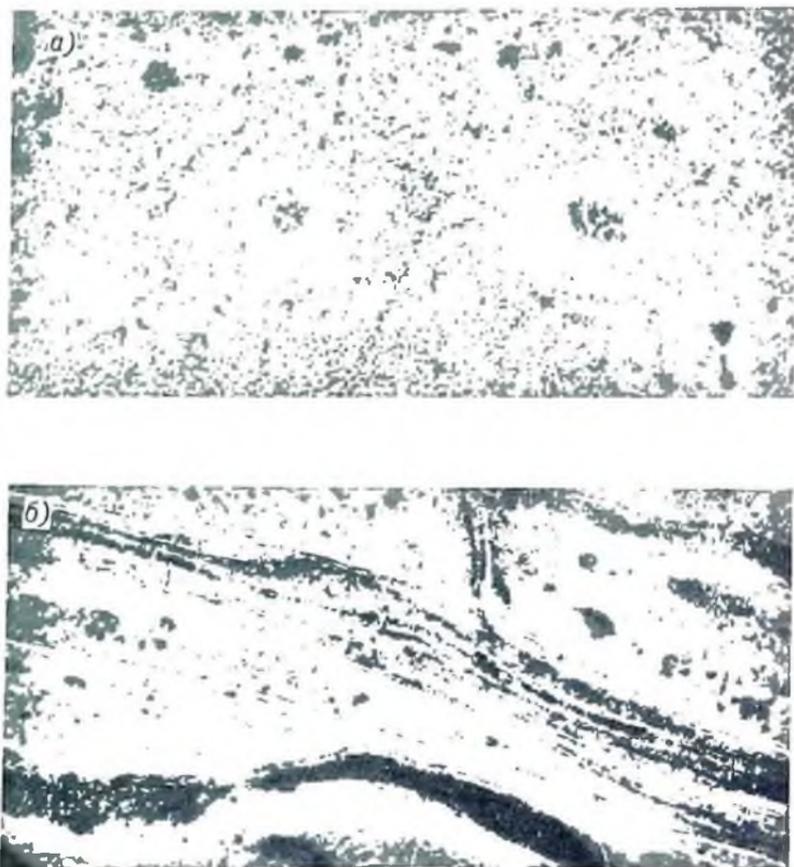
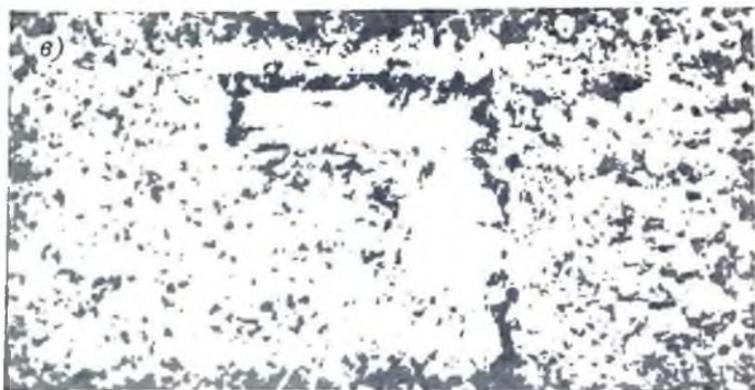


Рис. 39. Типы  
*a* — концентрическое строение урочищ; *b* — параллельное строение урочищ с симметричным

разнородных компонентов и структурных особенностей сохраняются в пределах ландшафта неизменным». (Калесник, 1959, стр. 3). Морфологическая структура ландшафта является его отличительной чертой, характерным признаком, по которому может быть определен ландшафт. Подобно ландшафту, его морфологические единицы также обладают определенной морфологи-

ческой структурой, за исключением наименьшей морфологической единицы—фации, которая является единой неделимой в ландшафтном отношении.



строения урочищ

расположении фаций; а, з — асимметричное расположение фаций в пределах урочища.

Морфологическая структура ландшафтов находит отражение на аэроснимках в специфических рисунках фотонизображения, что позволяет проводить их дешифрирование.

Дешифрирование компонентов ландшафта осуществимо в тех случаях, когда они по своим размерам находятся в пределах восприятия, имеют дифференцированное изображение. Во

всех остальных случаях дешифрируются те или иные морфологические единицы ландшафта. Различные степени дифференциации ландшафта находят отражение в соответствующих масштабах аэроснимков. Так, фации дешифрируются преимущественно на крупномасштабных аэроснимках, урочища — на среднемасштабных, а местности и ландшафты — на мелкомасштабных.

Понятия фации и урочища были введены Л. Г. Раменским в 1938 г. и позднее подробно обоснованы Н. А. Солнцевым. В настоящее время они считаются общепринятыми. «Фация — это наименьшая (элементарная) физико-географическая единица, характеризующаяся однородными условиями местоположения и местообитания и одним биоценозом. Фация формируется в пределах одного элемента мезорельефа (или одной формы микрорельефа) с однородным субстратом (материнской породой), однородным гидрологическим режимом, микроклиматом и почвой» (Исаченко, 1965, стр. 145). Благодаря однородности строения фация характеризуется однородным фотоизображением, не имеющим рисунка. Дешифровочными признаками фации являются: геометрическая форма, характер границы, тон и структура изображения. На аэроснимках очень крупного масштаба может наблюдаться тональная неоднородность, определяющаяся размещением индивидуумов того или иного компонента, например, размещением деревьев, кустарников или трав, размножающихся вегетативным путем и растущих латками. Такие изменения в пределах фации определяют структуру контура (рис. 38). Выделение фаций позволяет устанавливать участки с однородными гидрогеологическими условиями.

Следующей обязательной ступенью в морфологическом строении является урочище — «сопряженная система фаций, связанных с отдельными выпуклыми или вогнутыми формами рельефа или с плакорными междуречными участками на однородном субстрате и объединяемых общей направленностью движения вод, переноса твердого материала и миграции химических элементов» (Исаченко, 1965, стр. 145). В природе урочища четко обособлены, фации же, составляющие урочища, обуславливают их морфоструктуру. Урочищам соответствуют низшие гидрогеологические единицы, отдельные элементы которых определяются фациальными различиями в пределах урочища.

Примером этому может служить просадочная западина на лёссовидных суглинках, которую можно рассматривать как урочище, состоящее из двух сопряженных фаций, одна из которых приурочена к днищу, вторая — к склонам западины. Фации эти отличаются по процессам стока и характеру инфильтрации поверхностных вод, миграции химических элементов, но все эти процессы ведут к формированию единой линзы пресных грунтовых вод. Фациям же будут соответствовать разные части еди-

ной линзы, отличающиеся степенью минерализации и глубиной залегания зеркала вод.

На аэроснимках ярко отражается морфоструктура урочищ, проявляющаяся в элементарном рисунке. Этот рисунок в ряде случаев сам по себе может дать некоторые сведения о гидрогеологических условиях. Так, для линз грунтовых вод характерно концентрическое строение урочищ, для грунтовых потоков — параллельное с симметричным расположением фаций, для пластовых выходов грунтовых вод — параллельное с асимметричным расположением фаций и т. д. (рис. 39).

При дешифрировании урочищ учитывается их общая форма в плане, тон изображения отдельных морфологических единиц — фаций, характер границ урочища.

Следующей за урочищем в морфоструктуре ландшафта единицей является местность, в которой сопряжены разновеликие и разнозначимые урочища. Местностям соответствуют, как правило, обширные горизонты зональных грунтовых вод. На аэроснимках местности опознаются по сложному рисунку, т. е. рисунку, состоящему из структурных единиц, обладающих своим элементарным рисунком.

### ГЛАВА 3

## ЭТАЛОНИРОВАНИЕ АЭРОФОТОСНИМКОВ

### Основы метода

Метод эталонирования, или, как его чаще называют в зарубежной литературе, метод ключей, М. Ги (Guy, 1964) характеризует как самый древний, самый классический, но не всеми признаваемый метод. Противоречия в оценке метода ключей вызваны различным подходом к эталонированию. Впервые термин «ключ» был применен, по-видимому, Колвеллом (Colwell, 1946), который употребил его для обозначения эталонных аэроснимков тропической растительности. Он считал, что в ключах для дешифрирования словесные описания должны сочетаться с превосходными снимками.

Фрост и Левис ограничивали роль ключей идентификацией, полагая, что ключи рассчитаны на фоточтеца, а не дешифровщика; они помогают отождествлять объекты, не понимая их (Miller, 1964). Дж. Аллум (Allum, 1960) предлагал больше внимания уделять не эталонированию, а систематическому анализу, поскольку эталоны не всегда удовлетворяют требованиям и могут иметь место случаи, когда одинаковые горные породы выглядят на аэроснимках очень различно. Систематическому анализу отдают предпочтение Хартман и Исаакс, считая, что

этим путем можно опознавать более сложные объекты и особенности их строения.

В Советском Союзе уже в первые годы использования аэрофотосъемки для изучения природных объектов в качестве пособия при дешифрировании применялись образцы аэроснимков.

Однако скептическое отношение ряда ученых к эталонированию, формальный подход к использованию ключей при дешифрировании вызвали спад в этой области. Недостаточная конкретизация объема понятия «эталон» привела к тому, что к этой категории стали относить чуть ли не каждый аэроснимок. Д. Р. Людер (Lueder, 1959) был поражен тем обстоятельством, что согласно существующим определениям вся его книга является, по существу, ключом.

В последние годы интерес к эталонированию вновь возрос, изменился подход к нему. К эталонированию вернулись вынуждено, за неимением других более действенных методов. В практике дешифрирования до сих пор нет единой терминологии для характеристики фотонизображения, не существует классификаций рисунков фотонизображения, общих очертаний объектов. Описательная характеристика этих свойств аэроснимков страдает значительной долей субъективизма. Поэтому правильное всего на данном этапе развития дешифрирования оценивать объекты или участки местности путем сравнения их фотографического изображения. Метод эталонирования несовместим с формальным отношением к эталонам. Нельзя рассматривать аэрофотографические эталоны, подобно эталонам метрическим, применяемым для установления тождества и определения степени отклонения от эталона. Дешифрирование при помощи эталонов представляет собой творческий процесс, в результате которого по эталонному фотонизображению объекта изучения на аналогичной территории путем сравнения устанавливаются объекты того же вида.

Колвел пишет, что в результате разностороннего подхода постепенно вырабатывается разумный взгляд на достоинства и недостатки ключей дешифрирования; ярые приверженцы не считают теперь ключи панацеей, а противники приходят к выводу, что ключи нередко могут приносить пользу (Colwell, 1960). Польза эталонов в том или ином виде признана многими исследователями и организациями. В США, в специальном фотоинтерпретационном комитете проводится подбор ключей-эталонов. Для этой цели разработана классификация, по которой выделяются разнообразные виды ключей (Миллер, 1964). В данном случае ключи понимаются широко — как фотониллюстрации, или словесные картины условий, или комбинации тех и других, предназначенные для облегчения рекогносцировки природных условий. Широко пользуются ключами в Департаменте геологической съемки и минеральных ресурсов в Египте, где состав-

лена картотека снимков для Восточной и Западной пустыни и Синайского полуострова (Moustafa, 1961). В Париже практикуется публикация аннотированных аэроснимков по специальным разделам (Photointerpretation, 1962, 1964).

В Советском Союзе метод эталонирования имеет многочисленных приверженцев. Так, для целей инженерно-геологического дешифрирования необходимость использования эталонов впервые отмечал М. А. Лисовский (1954). Им же были определены те требования, которым должны отвечать эталоны. По мнению автора, «эталон дешифрирования представляет собой стереопары, полностью отдешифрированные на местности и снабженные описаниями как прямых, так и косвенных признаков». Он же указывал, что в качестве эталонного может выступать только такой аэроснимок, отражаемая которым территория отвечает ряду требований. Участок местности, выбранный в качестве эталонного, должен быть наиболее представительным, т. е. геологический разрез на нем должен быть представлен наиболее полно, отличаться наибольшей обнаженностью, характеризоваться определенными формами рельефа и т. д.

В. П. Мирошниченко (1957) считал, что специально составленные коллекции аннотированных аэроснимков могут послужить фундаментом детальных ландшафтных исследований и комплексного изучения территории, планирования ее народнохозяйственного использования. Позднее вопросы эталонирования неоднократно рассматривались в литературе (Сб.: «Аэрофотографическое эталонирование и экстраполяция», 1967; Виноградов, 1963, 1966; Симакова, 1966 и другие).

Под аэрофотографическим эталоном Б. В. Виноградов понимает «типичное фотонизображение того или иного объекта, которое с заданной степенью вероятности характеризует всю совокупность изображений объектов данной категории на аэроснимках при определенных технических и природных условиях аэрофотосъемки» (Виноградов, 1967б). Такое определение не вполне удовлетворительно, так как не определено понятие типичности фотонизображения, не выявлены даже критерии для его установления. Поэтому на данном этапе представляется более целесообразным принимать за эталон фотонизображение объекта, всесторонне изученного и описанного во время полевых работ, о фотонизображении которого известно, при каких технических и природных условиях аэрофотосъемки оно получено.

Создание эталонов является задачей любой из дисциплин, использующих в своих исследованиях материалы аэрофотосъемки. Установление фотографических эталонов с целью характеристики таких объектов, как рельеф, растительность, поверхностные воды, является более простым процессом, так как указанные объекты находят свое непосредственное отражение на аэроснимках. Эталонированию в данном случае

подвергаются элементы объекта изучения, а под аэрофотографическим эталоном понимается аэроснимок с изображением изучаемого объекта. Подземные воды в подавляющем большинстве случаев непосредственно на аэроснимках не изображаются. Отсюда и принципиальное отличие, которое вкладывается в термин «гидрогеологический эталон».

Под гидрогеологическим эталоном понимается изображение на аэроснимке (полученное при определенных технических и природных условиях аэрофотосъемки) участка местности или элемента географического ландшафта, для которых установлена и охарактеризована связь с подземными водами. Путем сопоставления с эталоном дешифрируют идентичные объекты на аналогичных территориях. Таким образом, объектом эталонирования является не сам объект изучения — подземные воды, а поисковые гидрогеологические признаки.

В зависимости от принадлежности индикатора к тому или иному компоненту ландшафта ценность его как гидрогеологического эталона меняется. Так, наиболее достоверные сведения о подземных водах можно получить, анализируя природные объекты, непосредственно связанные с подземными водами. К этой категории элементов географического ландшафта относятся: выходы подземных вод на дневную поверхность, результаты их деятельности, поверхностные воды, искусственные сооружения, связанные с подземными водами. Фотонизображение на аэроснимках объектов этой категории можно назвать собственно гидрогеологическими эталонами.

В то же время значительно большая часть природных объектов непосредственно не связана с подземными водами и чаще всего выяснение гидрогеологических условий местности основывается на использовании косвенных связей. Фотонизображение на аэроснимках объектов этой категории является гидрогеологическими эталонами косвенных поисковых признаков.

В связи с тем что поисковые признаки неравноценны, можно различать эталоны простые и сложные, или ландшафтные. Под простыми эталонами понимается фотографическое изображение отдельных элементов ландшафта — индикаторов, указывающих на единичные свойства водоносного горизонта. Примером элементарного эталона может служить фотографическое изображение колодца. Такой эталон указывает на присутствие грунтовых вод и чаще всего удовлетворительного качества. Иногда эталонное изображение колодца может характеризовать и глубину залегания грунтовых вод, причем достаточно точно (колодцы с прогонной дорожкой). Эталонами такого же рода являются фотонизображения растений — фреатофитов, отдельных форм рельефа, элементов гидрографии и другие.

Более полные и достоверные сведения о гидрогеологических условиях дают не отдельные элементы ландшафта, а ландшафт-

ные единицы в целом. Здесь для оценки гидрогеологической обстановки привлекается вся совокупность компонентов, составляющих ландшафтную единицу (рельеф, поверхностные воды, почвы, растительность). Когда в качестве показателя гидрогеологических условий выступает ландшафтная единица в целом, то аэроснимок такого индикатора можно считать сложным, или ландшафтным, эталоном. Сложные эталоны могут составляться на различные морфологические единицы ландшафта. При эталонировании грунтовых вод за основу должны браться мелкие морфологические единицы ландшафта—фации, урочища, а при эталонировании глубокозалегающих горизонтов более крупные ландшафтные единицы — местности, ландшафты.

В качестве эталонного может быть принят только такой аэроснимок, который отражает подробно обработанный при полевых наземных исследованиях участок земной поверхности. Аэроснимок должен быть тщательно отдешифрирован в поле и снабжен серией описаний и графическими приложениями.

Каждый эталон должен быть охарактеризован с нескольких точек зрения. Он должен содержать характеристики:

- 1) технических условий получения аэроснимков,
- 2) природных условий аэрофотосъемки,
- 3) полевых признаков,
- 4) гидрогеологических условий.

Требования к характеристике первых трех групп постоянны и однотипны. В разделе технических условий получения аэроснимков отмечается вид летательного средства, с которого проведена аэрофотосъемка (АН-2, ЯК-12, ИЛ-14 и т. д.), тип аэрофотоаппарата, тип объектива и его фокусное расстояние, светофильтр, масштаб съемки, тип пленки и режим ее обработки (проявитель, температура и время проявления). Все эти сведения помогают понять характер фотоизображения. Они же ограничивают сферу применения эталона, поскольку сопоставление эталона с исследуемыми аэроснимками оправдано при однородных технических условиях аэрофотосъемки. Если проводится сопоставление материалов, полученных при разных технических условиях, то уменьшаются возможности сопоставления и опознавания объектов, увеличивается роль интерпретации. Особенно важно это при сопоставлении аэроснимков, выполненных с различных типов пленок.

Природные условия аэрофотосъемки в значительной мере влияют на характер фотоизображения. Они, так же как и технические условия, определяют возможности использования эталона. В этой группе указывается точное местоположение характеризуемой эталоном территории (административное и географическое); указывается высота стояния солнца в момент аэрофотосъемки (или время суток), дата съемки, облачность, видимость в баллах, характер погоды. Географическое положение помогает

представить общие закономерности, свойственные району, и понять место эталона в общей схеме природной зональности. Дата съемки необходима в связи с тем, что спектральные свойства объекта меняются по сезонам очень резко и приводят к тому, что один и тот же объект в весеннее, осеннее, летнее время выглядит по-разному. В этом же плане сказывается и тип погоды. Так, съемка сразу после выпадения даже небольшого дождя в летнее время в полупустыне дает совершенно иные результаты, чем в бездождный период, так как поверхностное смачивание почвы изменяет ее спектральные свойства. Изменение высоты стояния солнца над горизонтом меняет картину поверхности за счет того, что изменяется длина теней, и мозаика растительного покрова характеризуется в разное время суток сочетанием контуров различной яркости.

Облачность и видимость определяют качество аэрофото-съемки.

Требования к характеристике поисковых признаков меняются в зависимости от их типа: будут ли это отдельные элементы ландшафта — растительные группировки, отдельные формы рельефа и т. д. — или отдельные морфологические единицы ландшафта. Общим требованием для всех этих природных образований, выступающих в качестве показателей гидрогеологических условий, является получение такой их характеристики, которая, с одной стороны, подтверждает взаимосвязь с определенными гидрогеологическими условиями, с другой — объясняет характер фотонизображения этого объекта на аэро-снимке. Например, при описании такого поискового признака, как фреатофитное растение — солодка гладкая, в этом разделе приводится характеристика корневой системы, что подтверждает питание солодки грунтовой водой. Кроме того, для нее описывается форма роста наземных побегов, тип расположения и окраска листвы, характер развития в течение вегетационного периода, т. е. все то, что определяет тип фотонизображения.

При описании в качестве поисковых признаков морфологических единиц ландшафта требования меняются в зависимости от объема классификационной единицы и определяются характером этих единиц. Так, наименьшая морфологическая единица ландшафта — фашия — характеризуется постоянством свойств всех компонентов ландшафта: подстилающей материнской породой, приуроченностью к одной мезо- или даже микроформе рельефа, в ее пределах распространены одна почвенная разновидность и растительность, относящаяся к одной ассоциации. При характеристике фашии обязательно должны быть названы: форма рельефа, растительная ассоциация, почвенная разновидность, почвообразующие горные породы. В дополнение к этому перечню должны быть указаны такие свойства всех составляю-

щих, которые определяют характер фотоизображения фации. Особо отмечается характер границ фации.

При характеристике урочища как эталона необходимо назвать сочетание форм рельефа, сочетание ассоциаций и разновидностей почв, подстилающих породы, характер границ между фациями в пределах урочища и особенности внешней границы урочища. Отмечается также тип сочетания фаций урочища, определяющий рисунок фотоизображения.

При характеристике местности основное внимание уделяется ее структуре, выделению доминантного фонового урочища и перечню подчиненных урочищ.

Гидрогеологическая характеристика, т. е. характеристика самого объекта исследований, должна быть по возможности более полной и всесторонней. В идеальном случае в ней должен содержаться весь комплекс гидрогеологических показателей: глубина залегания вод, степень и характер их засоления, дебит, характеристика гидрогеологического разреза, скорость и направление движения вод и т. д. Числовые значения всех этих параметров и их качественная характеристика должны основываться исключительно на результатах полевых наблюдений, должны быть получены в результате непосредственного вскрытия и опробывания подземных вод. Естественно, что такие детально и всесторонне отработанные в полевых условиях эталоны могут принести при дешифрировании максимальную пользу, дать вполне достаточную и достоверную характеристику гидрогеологических условий изучаемого участка местности, находящегося в сходных природных условиях. Преимущества создания и использования при последующих работах подобных эталонов тем более очевидны, что при картировании новой территории объем дорогостоящих полевых работ значительно сократится и будет направлен лишь на проверку полученных результатов.

Весь комплекс гидрогеологических показателей не всегда может быть получен по целому ряду причин. Тем не менее в качестве гидрогеологического эталона может выступать и такой объект, который характеризует только отдельные гидрогеологические параметры, так как даже единичные характеристики могут быть использованы впоследствии уже в предварительном камеральном периоде. Во всех случаях общим и непременным условием является обоснованность любых гидрогеологических характеристик непосредственными полевыми измерениями. Важно также, чтобы участок, выбранный в качестве гидрогеологического эталона, был представительным для определенной территории.

Целый ряд требований должен быть предъявлен и к оформлению эталонов. Описание, сопровождающее эталон, должно давать ответ на все основные моменты по перечисленным выше

группам и в то же время должно быть лаконичным, по возможности унифицированным. Графические приложения дополняют описательную характеристику, а иногда и в значительной степени заменяют ее. В качестве приложений могут выступать комплексные профили, блок-диаграммы, ландшафтные и гидрогеологические карты на территорию, занятую эталонным аэроснимком. Представить внешний облик объекта эталонирования помогает наземная фотография, поэтому эталонный аэроснимок целесообразно сопровождать наземной фотографией. Дешифрирование лучше проводить на кальке, а в тех случаях, когда контуры выражены отчетливо и читаются легко, их можно показывать цифрами или буквенными индексами на самом аэроснимке.

Для поисковых признаков, имеющих объемное строение, эталон желательно представлять стереопарой.

Большой и разносторонний круг вопросов, требующий освещения при гидрогеологическом эталонировании, громадное количество гидрогеологических эталонов, которые могут быть выделены для различных географических зон, требуют рационального подхода к их созданию, сбору, систематизации и хранению. Сбор и систематизация гидрогеологических эталонов должны осуществляться с таким расчетом, чтобы любой интересующий исследователя эталон мог быть быстро найден по любому признаку. В связи с этим гидрогеологические эталоны целесообразнее всего оформлять на перфокартах.

Характер фотоизображения одного и того же объекта меняется от множества причин, поэтому при создании эталонов целесообразно подбирать все разнообразие форм их изображения, которые будут в той или иной степени отличаться в зависимости от изменения исходных условий: материалов, масштабов, ландшафтного положения, природных и технических условий аэросъемки.

Фотоизображение отдельных эталонов местности меняется в зависимости от масштаба. Чем крупнее масштаб, тем более четко изображаются отдельные мелкие объекты, тем легче их опознать. Так, колодец на аэроснимке масштаба 1 : 25 000 читается по косвенным признакам, а на снимках масштаба 1 : 3 000 можно видеть все наземные сооружения колодца: водоподъемники, поилки для скота и др. Видеть все детали важно потому, что они косвенно указывают на характеристики эксплуатируемого водоносного горизонта. То же наблюдается и в случае, когда индикаторами являются древесные породы. На мелкомасштабных аэроснимках породы деревьев различаются с трудом, тогда как на крупномасштабных можно рассматривать формы и внутреннее строение отдельных крон деревьев, падающие от них тени.

Однако на крупномасштабных аэроснимках видны лишь детали, но теряются общие закономерности, и объект эталонирования изображается в отрыве от окружающей его физико-географической обстановки. Поэтому для таких индикаторов оптимальными масштабами будут масштабы 1 : 20 000—1 : 60 000. Это положение действительно и для ландшафтных эталонов. Если некоторые фации можно иллюстрировать аэроснимком масштаба 1 : 3 000, то для изображения урочищ потребуются масштаб 1 : 10 000—1 : 25 000. Для изображения более крупной таксономической ландшафтной единицы—местности—необходимы масштабы порядка 1 : 50 000—1 : 100 000.

Рациональным является показ объекта эталонирования в разных масштабах с тем, чтобы отразить общие закономерности и дать детальную характеристику его отдельных элементов.

Существует целый ряд объектов, изображение которых значительно меняется в разные сезоны. Травянистые фреатофиты, такие как солодка гладкая, тростник, отличаются очень поздним развитием. Они начинают давать наземные побеги лишь в конце весны и продолжают вегетировать до поздней осени. Весенняя съемка участков с развитием солодки покажет лишь присутствие весенней растительности и не отразит наличие латок солодки. Напротив, осенняя аэрофотосъемка даст четкое изображение солодки, которая достигнет к этому времени максимального развития. Окружающая ксерофитная растительность подсохнет и создастся наибольший контраст между фоном и латками фреатофита.

Очень важно учитывать сезон съемки в тех районах, где бурно развивается покров растений эфемеров. При густом развитии они дают темный тон изображения, сходный с тоном, образованным многолетними травами, и этим могут ввести в заблуждение. Сезон съемки важно учитывать и тогда, когда нужно различать изображение растительности и почв. В этом случае необходимо иметь на одну и ту же территорию снимки, полученные в разные сроки аэросъемки.

Важным поисковым гидрогеологическим признаком являются геологические структуры. Нередко они читаются по чередованию светлых и темных полос, которые отражают выходы коренных пород и рыхлые четвертичные отложения. Съемки ранневесенняя и поздневесенняя дают хорошие результаты, а аэроснимки, полученные летом, имеют значительно худшие изобразительные качества. Если возможно, лучше всего иметь эталонные изображения объектов для разных сезонов.

Состояние погоды может значительно изменять характер изображения объекта. Особенно чувствительны в этом отношении почвы, выходы коренных пород, в некоторых случаях растительность. Основным дешифровочным признаком почв

является тон их изображения. Достаточно незначительного дождя, чтобы вызвать поверхностное смачивание почв, и тон их изображения при этом изменится. Аналогичное явление наблюдается и на облаженных коренных породах, где поверхностное смачивание также вызывает изменение спектральных свойств. На характере изображения растительности может сказаться и поверхностное увлажнение и ветер. Особенно ярко это проявляется в тростниковых зарослях. Листья тростника поворачиваются по направлению ветра, что меняет общую мозаику строения покрова и вместе с этим меняется тон фотоизображения.

Существует ряд индикаторов, характер фотоизображения которых меняется в зависимости от угла падения солнечных лучей. Одна и та же водная поверхность может получиться на аэроснимке очень светлой или совершенно черной, только в зависимости от угла падения солнечных лучей. То же самое наблюдается с однородными зарослями высокой травянистой растительности. Тростники, снятые при разном освещении, получаются то светло-серыми, то совершенно темными. Поэтому при подборе эталонов желательно иметь аэроснимки одного объекта, снятые в разное время суток.

Тон изображения на аэроснимке зависит от спектральной яркости природных объектов, а пленки обладают различной спектральной чувствительностью и по-разному передают особенности ландшафта. К такому же результату приводит использование светофильтров. Основными типами пленок являются: черно-белые, подразделяющиеся на панхроматические, ортохроматические и инфрахроматические; спектрзональные и цветные. Черно-белые аэропленки имеют один светочувствительный слой и в зависимости от сенсбилизации имеют различную спектральную чувствительность. Широко используется панхроматическая пленка, которая чувствительна к видимой области спектра, причем максимум чувствительности охватывает широкую зону, включая красные лучи.

Ортохроматическая пленка чувствительна также к видимой области спектра, но имеет меньший, чем панхроматическая пленка, диапазон, ее чувствительность резко падает в области оранжевых лучей; в зеленой области спектра чувствительность значительно выше, чем у панхроматической пленки.

Инфрахроматическая аэропленка имеет две области чувствительности: в видимой (синей) части спектра и в невидимой (инфракрасной).

Спектрзональные цветные пленки имеют два светочувствительных слоя: панхроматический и инфрахроматический. В слои введены цветные компоненты. Цветное изображение зависит от характера обработки пленки, от применяемых при печати светофильтров.

Цветные аэропленки имеют три светочувствительных слоя: несенсibilизированная эмульсия, обладающая высокой чувствительностью к синим лучам; ортохроматическая, чувствительная к зеленым лучам; панхроматическая, чувствительная к красным лучам.

Учитывая неодинаковую спектральную чувствительность аэропленок, необходимо стремиться иметь эталоны объектов на разных типах пленок, а там, где нет возможности иметь весь набор, в первую очередь выбирать такие пленки, на которых объект изображался бы оптимально.

Основная работа по гидрогеологическому эталонированию проводится в полевых условиях. Объект, выбранный для эталонирования, просматривается наземно и опознается на аэро-снимке. При наличии ряда однородных объектов визуально выбирается один наиболее характерный, максимально отражающий черты, общие для ряда объектов. Объект эталонирования описывается комплексно. Бурится скважина, замеряется уровень грунтовых вод, отбирается проба воды, описывается керн. Затем выкапывается почвенная яма и проводится описание почвенного профиля, растительности. Дается характеристика формы рельефа, характера поверхности почвы, обнажения. Делается попытка обосновать характер фотонизображения. Правильнее всего при этом пользоваться только что выполненной аэрофотосъемкой для того, чтобы учесть все условия ее выполнения и сопоставить с имеющимися данными.

При эталонировании морфологических единиц ландшафта в полевых условиях пользуются профилированием. Через исследуемую единицу ландшафта проводят нивелирный профиль, который должен захватить и соседние единицы. По этому профилю в пределах каждой фации ведется полное комплексное описание почв, растительности, рельефа, гидрогеологического разреза. Характеризуется общий облик местности, границ, характер сочетаний.

Сопоставление полевых эталонов позволяет в дальнейшем отбирать наиболее представительные эталоны для постоянной коллекции.

### Систематизация гидрогеологических эталонов

Самым совершенным и эффективным способом регистрации большого объема информации в настоящее время является применение различных перфокартных систем. Одна перфорированная карточка вмещает большое количество разнообразных признаков любого понятия, что значительно улучшает процесс сбора и поиска информации, так как исключает необходимость употреблять ссылочные и другие добавочные сведения,

требующие отдельного хранения и систематизации. Перфокарты не требуют порядковой расстановки в картотеке. Нужную перфокарту всегда можно быстро найти. Важным достоинством перфокарт является еще и то, что они позволяют искать эталон по целому ряду признаков. Поэтому гидрогеологические эталоны целесообразнее всего оформлять на перфокартах.

По устройству перфокарты разнообразны — от простых карт ручной сортировки до очень сложных, требующих машинной обработки. Для рассматриваемых целей перфокарты машинной сортировки еще не применялись, так как значительная часть гидрогеологической документации не может быть выражена в числах и носит описательный характер. Перфокарты же ручной сортировки позволяют регистрировать различные описательные характеристики, так как на них есть место для внесения текста.

В соответствии со способом обработки (машинный или ручной) перфокарты бывают с последующей и предварительной перфорацией. К последним относятся карточки с вырезкой по краям и щелевые. Перфокарты с предварительной перфорацией имеют по краям один или два ряда отверстий и соответственно называются одно- или двухрядными.

Однорядные перфокарты употребляют тогда, когда количество кодируемой информации невелико. При большом числе признаков используют двухрядные перфокарты, на которых при том же формате может быть закодировано гораздо большее количество признаков. Два ряда отверстий позволяют употребить три типа прорезей: мелкую, глубокую и соединительную (рис. 42). Таким образом, при помощи одной пары отверстий можно закодировать три признака. Но, как правило, соединительная прорезь употребляется редко, так как она требует дополнительной операции при сортировке.

Перфокарты ручной сортировки изготавливаются из специальной перфокартной бумаги (ГОСТ 7362-62) и имеют строго определенные размеры. В СССР они выпускаются трех форматов: К-4 (290×207 мм), К-5 (207×147 мм) и К-6 (146×105 мм). Чаще всего используется формат К-5.

Правый верхний угол перфокарт срезается для того, чтобы придать им строго определенное положение в массиве. Благодаря срезанному углу перевернутая карточка может быть быстро найдена.

Внутреннее, свободное от перфорации, поле перфокарты используется для регистрации различных сведений. Те признаки занесенного на перфокарту описания, по которым может возникнуть необходимость ее поиска в массиве, выносятся на перфорацию, и эта часть информации называется закодированной. Наличие такого признака отмечается на перфокарте при помощи прорезания перемычки между отверстием перфорации,

за которым закреплен этот признак, и внешним краем перфокарты. Таким образом, это отверстие как бы выводится наружу.

Нахождение в картотеке нужной перфокарты осуществляется при помощи поисковой спицы, которая вставляется в отверстие, соответствующее искомому понятию, проталкивается через весь массив, после чего массив приподнимается на спице, и при легком встряхивании нужные карточки выпадают из массива.

В сумме все отверстия и закрепленные за ними символы составляют код. Кодирование отдельных признаков осуществляется при помощи ключей. Признаки одной категории индексируются определенным образом, например, им присваиваются порядковые номера или буквенные обозначения. Соответственно индексируется и некоторое количество отверстий на перфокарте. Группа отверстий на перфокарте, индексированная определенным образом и относящаяся к признакам одной категории, называется полем.

Процесс кодирования занимает немного времени: за один час ручным пробойником можно закодировать 180 перфокарт. Сортировку перфокарт можно проводить вручную или при помощи простейших приспособлений: выравнивающих блоков, селекторов, сортировочных ящиков. По некоторым данным, по одному признаку вручную можно отсортировать 20 000, а по нескольким признакам 7000—8000 перфокарт в час (Роометс, 1963).

Процесс разработки перфокартной системы складывается из трех этапов: формулирования основных задач, учета и классификации всех признаков объекта; выбора необходимой емкости перфокарты, ее загруженности; учета скорости и полноты обработки перфокартотеки (Воробьев, 1961).

При создании перфокартных систем всегда возникает вопрос, какому из ключей отдать предпочтение. Естественно, этот вопрос окончательно может быть решен только при анализе свойств каждой конкретной группы признаков — дескрипторов перфокартной системы. Основным критерий при выборе ключа — удобство кодирования, а главное — удобство сортировки. Чем проще ключ, тем он удобнее в работе. Выбор ключа зависит также от количества групп дескрипторов данной перфокартной системы, от количества и характера отдельных признаков в пределах каждой группы.

Для кодирования равноценных невзаимоисключающих признаков может быть использован только прямой ключ, при помощи которого можно одновременно закодировать несколько признаков объекта систематизации. Все остальные ключи могут быть использованы только для отметки взаимоисключающих признаков. Здесь уже при выборе ключа на первый план встают

такие факторы, как загруженность перфокартной системы и удобства кодирования и поиска.

Например, если группа дескрипторов содержит около ста отдельных взаимоисключающих признаков, то для их регистрации можно использовать два поля отверстий с ключом 1—2—4—7 (восемь пар отверстий) или ключом 1, 2, 3, . . . , 8, 9, 0, E (одиннадцать пар отверстий). Таким образом, ключ 1—2—4—7 является более компактным (экономится три пары отверстий). Но в то же время при сортировке на двух полях он требует четырехпоисковых спиц, а ключ 1, 2, 3, . . . , 8, 9, 0, E только двух. Поэтому, если загруженность перфокартной системы позволяет занять дополнительно три пары отверстий, то целесообразнее использовать ключ 1, 2, 3, . . . , 8, 9, 0, E, как более удобный для сортировки.

Точно так же при отметке группы из тридцати признаков целесообразнее употребить треугольный ключ, чем ключ 1—2—4—7, хотя для последнего нужно пять пар отверстий, а для треугольного шесть.

Для учета гидрогеологических эталонов на основе двухрядной перфокарты стандарта К-5 (Нефедов, Виноградов, 1965; Нефедов, 1967) разработан макет.

Основной задачей этой перфокартной системы является сбор и систематизация многочисленных гидрогеологических эталонов. С одной стороны, перфокарта, помимо фотографического изображения гидрогеологического эталона, должна содержать все важнейшие его характеристики. С другой стороны, она должна обеспечивать быстрый и надежный поиск нужного эталона по любому признаку и даже по ряду признаков одновременно.

Перфокарта гидрогеологического эталона может быть использована для различных целей. Ее можно применить для систематизации существующих дешифровочных признаков подземных вод; при ее помощи удобно проводить анализ фотоизображения поисковых гидрогеологических признаков в зависимости от их ландшафтного положения и условий аэрофотографирования. Можно также проводить сопоставление значений отдельных гидрогеологических параметров для участков местности с различными физико-географическими и геологическими условиями.

Перфокарта гидрогеологического эталона позволяет устанавливать корреляционные связи подземных вод с другими компонентами ландшафта и оценивать эти связи количественно.

При картировании подземных вод с использованием материалов аэрофотосъемки перфокарта гидрогеологического эталона является основной формой документации фактического материала. Она может быть применена также для регистрации самых разнообразных гидрогеологических данных. Удобством

ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ Северо-западная часть  
Сарпинская низменность, Калмыцкая  
ОБЪЕКТ Личзы пресных и слабосоленых  
И ОПИСАНИЯ

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТА Местность - палогова  
вида пьных Верхневолжских  $\alpha$ - $Q_{IV}^{пв}$  срв.  
паямак на глубине 3-5 м марскими ни  
цветы сильно засоленными тонкопесчан  
над днищами ложбин 1-2 м.

1. Урочище - плакорное, непромытого р.  
ным покровом. Составит из комплекса  
щества на солонцах керковых (30%);  
В - ромашника в - голышкова - тимофеев  
цветных повах.

В пределах урочища развиты замочен  
песчаных прослоях. Водоупор - глина  
вод 10-12 м, М. 10-20  $^2/л$ , тип засолен  
натриевый. К ф. 0,0005 см/сек.

2. Урочище - склоновое, приложбинное, ме  
ным и растительным покровом. Состав  
пьянных сообществ на солонцах керковы  
Урочищу соответствуют также зоналы

3. Урочище - ориентированные ложбины.  
 $\alpha$  - пачуженных участка днищ ложбин  
солончковых осе на лугово-каштан  
заванных грунтовых вод. Глубина залеж  
реже гидрокарбонатно - кальциевый  
(М. 0,5  $^2/л$  жесткость (мг-экв):

ССТАВЛЕН

Рис. 41. Обратная сторона пе

этой формы документации является и то, что перфокарты можно заполнять непосредственно в поле, при работе на ключевых участках. Кодирование осуществляется во время камеральной обработки материалов.

Перфокартотека гидрогеологических эталонов позволяет проводить поиск одновременно по ряду признаков: территориальной приуроченности объекта или гидрогеологического эталона, типу подземных вод, глубинам залегания подземных вод, возрасту и характеру водовмещающих пород, температуре, минерализации и химическому составу подземных вод, по масштабам аэрофотосъемки и пр.

На внутреннем поле лицевой стороны перфокарты (рис. 40) помещается эталонный аэроснимок размером  $9 \times 12$  см. В большинстве случаев такого формата вполне достаточно для характеристики гидрогеологических эталонов. На лицевой стороне регистрируются аэрофотосъемочные данные. Ландшафтные характеристики эталонируемого участка местности и соответствующие им гидрогеологические условия фиксируются на внутреннем поле оборотной стороны (рис. 41). Описание гидрогеологического эталона включает: наименование эталонируемой ландшафтной единицы, краткую характеристику рельефа, растительного и почвенного покрова и более подробную характеристику гидрогеологических параметров.

Те признаки, по которым может возникнуть необходимость поиска эталона в картотеке, необходимость систематизации и сопоставления отдельных описаний, вынесены на перфорацию. Иначе говоря, эта часть информации кодируется.

В гидрогеологической перфокарте для кодирования использовано четыре типа ключей: прямой, прямой цифровой, 1—2—4—7, треугольный.

Прямой ключ. Это простейший ключ, неэкономичный, но очень простой в обращении и единственный, который позволяет кодировать одновременно невзаимоисключающие признаки. Сортировка проводится с помощью одной спицы за один прием. На однорядных перфокартах при его применении за каждым признаком закрепляется одно отверстие, вернее, одна пробивка. Отметка признака заключается в вырезке перемычки между внешним краем перфокарты и отверстием, закрепленным за этим признаком. При применении прямого ключа на двухрядных перфокартах за каждым признаком закрепляется пара отверстий. Вариант этого ключа использован для кодирования химического типа воды. Шесть основных химических компонентов природных вод закреплены за шестью парами отверстий, т. е. каждому компоненту соответствует одна пара отверстий. Прямой ключ позволяет регистрировать одновременно присутствующие в воде компоненты и получать характеристику химического состава. Но так как в пределах каждой пары

отверстий можно осуществить три типа вырезки: мелкую, глубокую и промежуточную (шлиц) (рис. 42), то одновременно типом вырезки отмечается относительное содержание компонентов, что позволяет более дробно характеризовать состав воды.

Прямой цифровой ключ. Прост в обращении, при сортировке требует максимально двух операций. Отличается от прямого тем, что на двухрядных перфокартах за признаком закрепляется не пара отверстий, а одно отверстие. Для удобства пользования все отверстия оцифровываются или обозначаются индексами. С использованием одной поисковой спицы при сортировке по внутреннему ряду отверстий нужные кар-



Рис. 42. Типы прорезей.

1 — мелкая, 2 — глубокая, 3 — шлиц.

точки выпадают за один прием. Сортировка по внешнему ряду требует двух операций: спица вставляется в отверстие внешнего ряда и одновременно выпадают карточки с мелкой и глубокой прорезью, для их разделения необходимо вставить спицу в отверстие внутреннего ряда выпавших карточек, после чего перфокарты с глубокой прорезью выпадут, а нужные останутся на спице.

При использовании прямого ключа необходимо тщательно подбирать сочетания признаков для каждой пары отверстий. Б. В. Виноградов (1967а) рекомендует подбирать в сочетания признаки с наименьшей вероятностью совместной встречаемости. В гидрогеологической перфокарте использован иной прием: в пары подобраны наиболее близкие признаки, которые в совокупности могут рассматриваться как обобщенные, более высокого класса. По существу, устанавливается простейшая двухступенчатая иерархическая система. В этом случае при сортировке по внешнему ряду выбираются обобщенные признаки, а второй прием позволяет разделить их на более дробные признаки. Такой ключ использован для кодирования глубины за-

легания, степени минерализации, температуры подземных вод. Так, по минерализации подземные воды на первом этапе делятся на три группы: до 1 г/л, от 1 до 10 г/л, выше 10 г/л; на втором этапе каждая группа может быть разделена на две градации: так, первая, с минерализацией до 1 г/л, подразделяется на: а) до 0,2 г/л и б) от 0,2 до 1 г/л.

Ключ 1—2—4—7. Широко используется для отметки чисел от единицы до десяти на перфокартах с двойной перфорацией (рис. 43). Ключ довольно экономичный, но применим только для взаимоисключающих признаков.

Для того чтобы закодировать числа 1, 2, 4, 7, делаются глубокие прорези, соответствующие этим цифрам (рис. 43 а). Числа 3, 5, 6, 8, 9 обозначаются двумя короткими прорезями

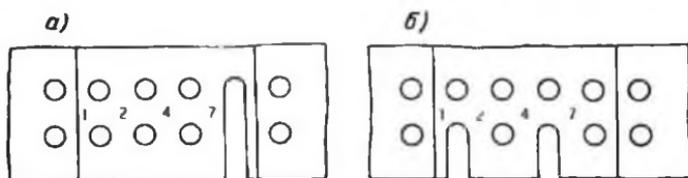


Рис. 43. Ключ 1—2—4—7.

а — закодировано число 7, б — закодировано число 5.

тех отверстий, которые в сумме составляют данное число, например, для того, чтобы закодировать число 5, нужно сделать короткие вырезки 1 и 4 (рис. 43 б). При кодировании нуля делаются две мелкие вырезки — для 4 и 7. Этот ключ использован для кодирования типа подземных вод, сезона аэрофотосъемки, типа пленки и других групп признаков.

Ключ 1—2—4—7 может быть использован для обозначения многозначных чисел. В этом случае для каждого разряда отводится одно поле из четырех пар отверстий 1—2—4—7 (рис. 44). При кодировании единиц нуль пробивается в поле сотен и десятков, при кодировании десятков — в поле сотен. Независимо от значности закодированного числа поиск ведется по всем полям. Количество используемых спиц зависит от характера пробивок и значности числа.

Видоизменением ключа 1—2—4—7 является ключ 1—2—4, который является сокращенным вариантом, рассчитанным на шесть признаков. Используется для кодирования механического состава горных пород, водоявлений, мезоформ рельефа.

Треугольный ключ. Используется для обозначения букв алфавита, а также для кодирования чисел или индексов. Для отметки алфавита чаще всего применяется треугольный ключ на шести парах отверстий (рис. 45).

Как видно из рисунка, треугольник разбивается сеткой линий на ряд ромбических ячеек. В каждом таком ромбе размещается по две буквы (за исключением А, Е, Э). Каждая буква

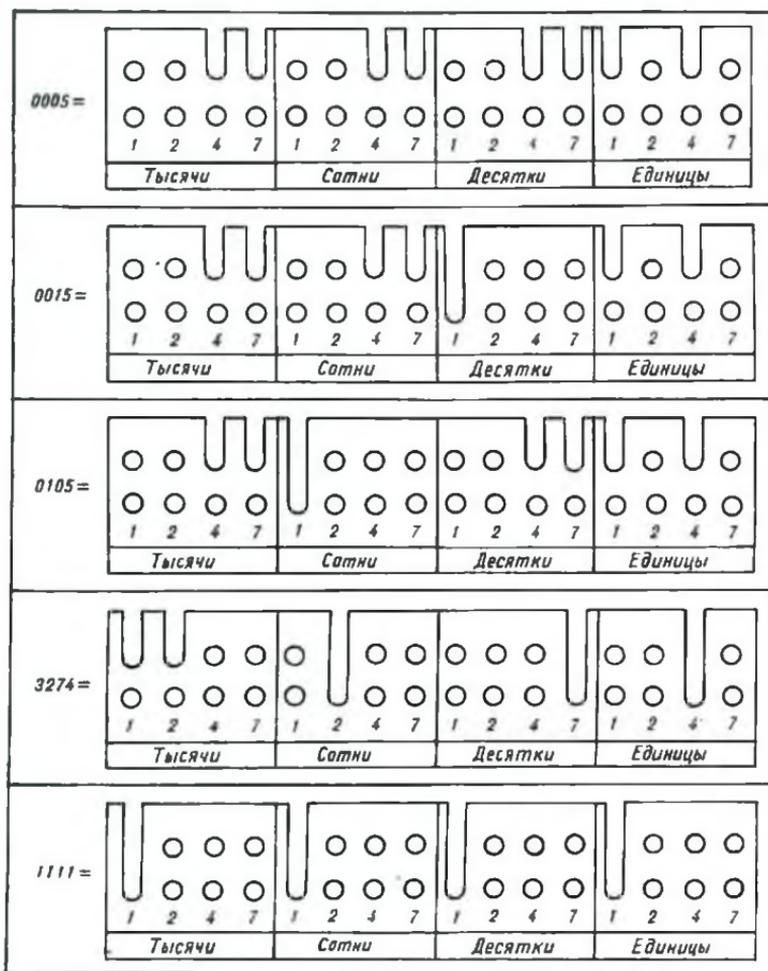


Рис. 44. Обозначение многозначных чисел ключом 1—2—4—7.

отмечается одной глубокой и одной мелкой вырезками, причем для буквы, стоящей слева, левая прорезь глубокая, а правая мелкая; для буквы, стоящей справа, наоборот. На рис. 45 закодирована буква X, стоящая в правом ряду. Буквы Е и Э считаются стоящими в правом ряду.

При сортировке по треугольному ключу одновременно используются две спицы, одна из которых вставляется в отверстие внутреннего, а другая — в отверстие внешнего ряда. Нужные карточки отыскиваются в массиве за один прием.

Для отметки чисел в сетку вместо букв алфавита помещают цифры; при необходимости можно заносить определенные индексы, например, индексы подразделений шкалы относительно геологического возраста.

Треугольный ключ с индексами использован для кодирования стран физико-географического районирования и систем относительного возраста горных пород.

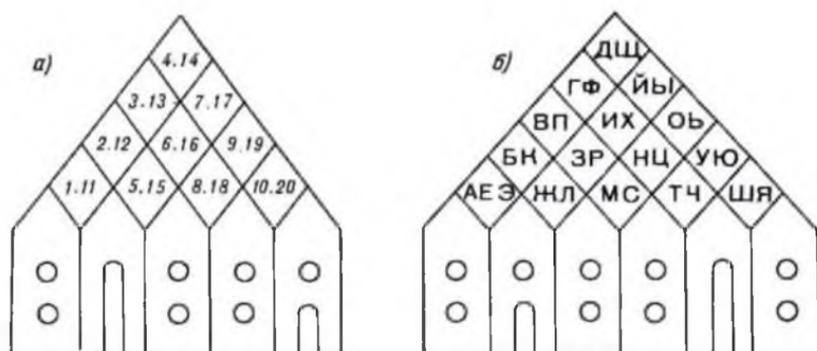


Рис. 45. Треугольный ключ.

а — цифровой вариант (закодировано число 7), б — алфавитный вариант (закодирована буква X).

При кодировании нередко пользуются комбинациями ключей, соподчинением нескольких полей. Так, в группе дескрипторов «территориальная приуроченность» кодирование ведется на двух полях, одно из которых — «страны» — является ведущим, а второе — «провинции» — подчиненным. Поиск на подчиненном поле может проводиться только последовательно, через «страны», так как для каждой единицы ведущего поля (каждой страны) подчиненное поле работает по-своему. Так, первый номер подчиненного поля для страны Фенноскандия означает провинцию Мурманского прибрежного расчлененного тундрового плато, а для Крымско-Кавказской страны это будет провинция горного Крыма, для Казахского мелкосопочника — Тургайская степная столовая возвышенность. Поиск на взаимосвязанных полях можно проводить одновременно, используя большее количество спиц.

## Группы дескрипторов гидрогеологической перфокарты

- I. Территориальная приуроченность
  - A. Страны
  - Б. Провинции
- II. Тип и подтип подземных вод
  - A. Тип
  - Б. Подтип
- III. Глубина залегания подземных вод
- IV. Минерализация подземных вод
  - A. Величина
  - Б. Характер
- V. Температура подземных вод
- VI. Вещественный состав водовмещающих горных пород
- VII. Относительный возраст водовмещающих горных пород
  - A. Системы
  - Б. Отделы
  - В. Ярусы
- VIII. Коэффициент пористости, фильтрации, трещиноватости, закарстованности
  - IX. Механический состав горных пород
  - X. Сложение водоносного горизонта
- XI. Водородный показатель (рН)
- XII. Водопроявления и искусственные водозаборы
- XIII. Дебит
- XIV. Рельеф
  - A. Мезоформы
  - Б. Микроформы
- XV. Почвы
- XVI. Растительность
  - A. Типы растительности
  - Б. Подтипы растительности, группы формаций, группы ассоциаций
  - В. Ассоциации
- XVII. Тектоническое строение
  - A. Крупные тектонические структуры
  - Б. Морфологические типы структур
- XVIII. Сезон съемки
- XIX. Светофильтры
- XX. Тип пленки
- XXI. Фокусное расстояние объективов аэрофотоаппаратов
- XXII. Масштаб фильма

### I. ТЕРРИТОРИАЛЬНАЯ ПРИУРОЧЕННОСТЬ

Аэрофотографическое изображение гидрогеологического эталона определяется свойствами компонентов ландшафта. В подавляющем большинстве случаев в качестве таких компонентов рассматриваются: рельеф, растительность, почвы и гидрографическая сеть. В пределах типичных ландшафтных единиц свойства компонентов ландшафта являются более или менее постоянными, поэтому наиболее рациональной для выражения территориальной приуроченности аэрофотографических эталонов явилась бы типологическая схема ландшафтного деления СССР. Однако ландшафтное деление еще не отработано и для перфокарты была использована схема физико-географического районирования Г. Д. Рихтера (1964).

На ней выделено 19 стран и 194 провинции. Для удобства кодирования внесены некоторые изменения. Страна — Восточно-Европейская равнина — занимает почти всю европейскую часть Советского Союза и несомненно больше всех прочих выделов этого ранга, поэтому она разделена на две части: тундрово-лесную и степную. Таким образом, количество стран возросло до 20. В пределах стран проведено объединение некоторых провинций с тем, чтобы в каждой стране содержалось не более 10 провинций. Кодирование ведется на двух полях А и Б. Страны и провинции кодируются отдельно. Поиск провинций может осуществляться только последовательно, через страны, т. е. поле «Б» является переменным.

Принятая классификация территориальной приуроченности полностью приводится в сборнике: «Перфокартный метод систематизации аэрофотографических эталонов». ВГО, Л, 1967.

## II. ТИПЫ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

При подразделении подземных вод на типы за основу взята классификация Ф. П. Саваренского (1939) и добавлены такие типы, как воды зоны многолетней мерзлоты, воды вулканов и гейзеров, воды нефтяных и газовых месторождений.

Почвенные и болотные воды объединены в одну группу, так как сортировка по ним будет проводиться редко. Кроме того, предусмотрено поле из двух пар отверстий для дальнейшей дифференциации типов. Так, например, отыскав в массиве все перфокарты, относящиеся к трещинным водам, последние можно будет разделить (по И. К. Зайцеву, 1948) на три подтипа. Таким образом, для кодирования типов и подтипов подземных вод использовано два поля — А и Б.

### А. Типы подземных вод<sup>1</sup>

- |                         |  |
|-------------------------|--|
| 1. Почвенные и болотные | 6. Трещинные                             |
| 2. Верховодка           | 7. Воды особых форм                      |
| 3. Грунтовые            | 8. Воды вулканов и гейзеров              |
| 4. Карстовые            | 9. Воды нефтяных и газовых месторождений |
| 5. Артезианские         | 10. Другие                               |

### Б. Подтипы подземных вод

- |                          |                        |
|--------------------------|------------------------|
| Артезианские воды:       | 6.2 Покрово-трещинные  |
| 5.1. Область питания     | 6.3. Массиво-трещинные |
| 5.2. Область аккумуляции | Воды особых форм:      |
| 5.3. Область разгрузки   | 7.1. Надмерзлотные     |
| Трещинные воды.          | 7.2. Межмерзлотные     |
| 6.1. Пластово-трещинные  | 7.3. Подмерзлотные     |

<sup>1</sup> В тех классификациях, где не указан индекс пробивки, порядковые номера соответствуют числам кодов.

### III. ГЛУБИНА ЗАЛЕГАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Для сортировки перфокарт по глубине залегания приняты шесть градаций, которые кодируются на трех парах отверстий. Отверстия внешнего ряда обозначены нечетными цифрами, а отверстия внутреннего ряда — четными. Такая индексация принятых градаций позволяет проводить поиск не только по каждой отдельной градации глубин залегания, но и в следующих, более крупных градациях: до 10 м, от 10 до 100 м и более. Поиск по этим крупным градациям осуществляется при сортировке по внешнему ряду отверстий за один прием.

Глубина залегания, м	Индекс пробивки
1) до 2,0 . . . . .	2
2) 2,0— 10,0 . . . . .	1
3) 10,0— 30,0 . . . . .	4
4) 30,0—100,0 . . . . .	3
5) 100,0—250,0 . . . . .	6
6) больше 250,0 . . . . .	5

### IV. МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

#### А. ВЕЛИЧИНА МИНЕРАЛИЗАЦИИ

Величина минерализации кодируется независимо от вида ее определения (сухой остаток, сумма минеральных веществ, вычисленный сухой остаток). На перфорацию она выносится в шести градациях. Ключ, так же как и для глубин залегания, прямой цифровой, что позволяет проводить поиск не только по приведенным ниже градациям, но и по более крупным обобщенным градациям: от 0,2 до 1,0 г/л; от 3,0 до 10,0 г/л и более 10 г/л — при сортировке по внешнему ряду отверстий.

Величина минерализации, г/л	Индекс пробивки
1) до 0,2 . . . . .	2
2) 0,2— 1,0 . . . . .	1
3) 1,0— 3,0 . . . . .	4
4) 3,0—10,0 . . . . .	3
5) 10,0—50,0 . . . . .	6
6) больше 50,0 . . . . .	5

#### Б. ХАРАКТЕР МИНЕРАЛИЗАЦИИ

Характер минерализации определяется химическим типом воды, последний кодируется прямым ключом. На шести парах отверстий располагается шесть основных химических компонентов природных вод:  $\text{HCO}_3^-$ ;  $\text{SO}_4^{2-}$ ;  $\text{Cl}^-$ ;  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ ;  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ . Пря-

мой ключ позволяет отмечать наличие одновременно всех этих макрокомпонентов, а двойной ряд перфорации — выражать, кроме того, их содержание в миллиграмм-эквивалентной форме. При содержании элемента до 5 мг-экв. делается мелкая прорезь, от 5 до 12,5 мг-экв. — шлиц и при содержании свыше 12,5 мг-экв. — глубокая прорезь.

#### V. ТЕМПЕРАТУРА ПОДЗЕМНЫХ ВОД

По температуре (в градусах Цельсия) подземные воды подразделяются на шесть групп, по О. А. Алекину (1953). Для их кодирования используется прямой цифровой ключ на трех парах отверстий.

1. Исключительно холодные . . . . .	ниже 0
2. Весьма холодные . . . . .	0— 4
3. Холодные . . . . .	4— 20
4. Теплые . . . . .	20— 37
5. Горячие . . . . .	37— 42
6. Весьма и исключительно горячие . . . . .	42—100
	и выше.

#### VI. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ВОДОВМЕЩАЮЩИХ ГОРНЫХ ПОРОД

В поле А водовмещающие горные породы дифференцируются в соответствии с их типами. Здесь выделяются: а) изверженные, б) метаморфические, в) осадочные, г) вулканогенные обломочные.

Типы горных пород подразделяются до разновидностей в поле Б.

##### а. Изверженные

1. Гранит, гранодиорит	11. Габбро-порфирит
2. Диорит	12. Диабаз
3. Габбро, норит	13. Снениковый порфир, лампрофир
4. Анортозит	14. Щелочные порфиры
5. Пироксенит	15. Липарит, риолит, дацит
6. Перидотит, дунит	16. Андезит, андезитовый порфирит
7. Снежит, нефелиновый снежит	17. Базальт, базальтовый порфирит
8. Гранитовый порфир, аплит, пегматит	18. Трахит, фонолит, кератофир
9. Гранодиорит, порфир	19. Вакантные
10. Диорит-порфир	20. Прочие

##### б. Метаморфические

1. Брекчии	4. Роговики
2. Катаклазиты	5. Сланцы (узловатые и пятнистые)
3. Милониты	6. Кварциты

- |  |                |
|--|----------------|
| 7. Мраморы   | 14. Амфиболиты |
| 8. Скарны  | 15. Гранулиты  |
| 9. Грейзены  | 16. Мигматиты  |
| 10. Аспидные сланцы                                | 17. Эклогиты   |
| 11. Филлиты  | 18. Вакантное  |
| 12. Сланцы (низкой и высокой ступени метаморфизма) | 19. Вакантное  |
| 13. Гнейсы   | 20. Прочие     |

### в. Осадочные

- |  |   |
|--|---|
| 1. Валуны                                | 12. Аргиллит, глинистые, мергелистые, кремнистые сланцы |
| 2. Галька                                | 13. Известняки  |
| 3. Гравий                                | 14. Доломит   |
| 4. Песок                                 | 15. Мел   |
| 5. Алеврит                               | 16. Мергель   |
| 6. Супесь                                | 17. Опока (кремнистые породы)                           |
| 7. Суглинок                              | 18. Минеральные соли, фосфориты, железистые породы      |
| 8. Глина, ил                             | 19. Водные окислы алюминия                              |
| 9. Конгломерат, брекчия, гравелит        | 20. Прочие  |
| 10. Песчаник, аркозы, граувакка, кварцит |   |
| 11. Алевролит, лесс                      |   |

### г. Вулканогенные обломочные породы

1. Лавокластические (глыбовая брекчиевая лава, глыбовая агломератовая лава, брекчиевая лава, агломератовая лава, туфолавы)
2. Пирокластические рыхлые (глыбовый вулканический агломерат, глыбовый ксеноагломерат, вулканический агломерат, ксеноагломерат, вулканический гравий, вулканический пепел, вулканический ксенопепел)
3. Пирокластические литифицированные (глыбовый аглютинат, глыбовый агломератовый туф, аглютинат, вулканическая брекчия, игнимбрит, пепловые туфы, ксенотуфы и др.)
4. Осадочно-пирокластические рыхлые (глыбовый туффитовый агломерат, туффитовый агломерат, туффитовый гравий, туффитовый песок, туффитовая пыль)
5. Осадочно-пирокластические литифицированные (крупноглыбовый туффит агломератовый туффит, лапиллиевый туффит, крупнообломочный туффит, пепловый туффит)
6. Туфощебень
7. Туфогалечник
8. Туфогравий
9. Туфопесок
10. Туфонелит
11. Туфоалеврит
12. (Пирокласто-осадочные литифицированные) валунный туфоконгломерат, глыбовая брекчия с туфовым материалом
13. Туфоконгломерат, брекчия с туфовым материалом
14. Туфогравелит
15. Туфопесчаник
16. Туфоалевролит
17. Туфоаргиллит
18. 19. — вакантные
20. Прочие

## VII. ОТНОСИТЕЛЬНЫЙ ВОЗРАСТ ВОДОВМЕЩАЮЩИХ ГОРНЫХ ПОРОД

Возраст водовмещающих горных пород кодируется с детальностью до яруса. Здесь применено последовательное кодирование. Сначала отмечается система при помощи треугольного кода на пяти парах отверстий (поле А), затем на двух парах отверстий (поле Б) отмечается отдел и, наконец, на поле В кодируется ярус при помощи ключа 1—2—4.

### Системы

В перечне систем приведено 14 единиц. Для удобства кодирования на уровне системы выделены протерозойская и архейская группы. Кодируются системы треугольным ключом на пяти парах отверстий:

1. Четвертичная Q	9. Девонская D
2. Неогеновая N	10. Силурийская S
3. Палеогеновая Pg	11. Ордовикская O
4. Меловая Cg	12. Кембрийская Cm
5. Юрская J	13. Протерозой- ская группа Pz
6. Триасовая T	14. Архейская группа Ag
7. Пермская P	
8. Каменно- угольная C	

### Отделы

Отдельно на переменном поле «а» на двух парах отверстий кодируют прямым ключом отделы.

- |  |            |
|--|------------|
| 1. Современный (для чет-<br>вертичных) | 3. Средний |
| 2. Верхний                             | 4. Нижний  |

### Ярусы и горизонты

Ярусы и сопоставляемые с ними горизонты четвертичных отложений кодируются на переменном поле «б» на четырех парах отверстий, ключом 1—2—4—7.

## VIII. КОЭФФИЦИЕНТЫ ФИЛЬТРАЦИИ, ПОРИСТОСТИ, ТРЕЩИНОВАТОСТИ, ЗАКАРСТОВАННОСТИ

В зависимости от характера водовмещающих горных пород и характера проводившихся определений кодируется какой-либо один из указанных выше коэффициентов. На перфокарте поле, предназначенное для их кодирования, обозначено индексом П.

Все указанные коэффициенты, кроме коэффициента фильтрации, кодируются в процентах в следующих градациях:

- |                |                         |
|----------------|-------------------------|
| 1) до 10       | 3) от 20 до 30          |
| 2) от 10 до 20 | 4) от 30 до 60 и более. |

Коэффициент фильтрации кодируется в метрах в сутки в следующих градациях:

- |            |                 |
|------------|-----------------|
| 1) до 1,5  | 3) 3,0—20,0     |
| 2) 1,5—3,0 | 4) 20,0 и более |

#### IX. ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ГОРНЫХ ПОРОД

Подразделение несвязных горных пород по крупности зерна дается по В. А. Приклонскому (1955).

Наименование фракции	Индекс пробивки	Крупность	Размер частиц, мм
Валуны (окатанные) и камни (угловатые)	1	крупные . . . . .	800
	2	средние . . . . .	800—400
	3	мелкие . . . . .	400—200
Галька (окатанная) и щебень (угловатый)	1	очень крупные	200—100
	2	крупные . . . . .	100—60
	3	средние . . . . .	60—40
	4	мелкие . . . . .	40—20
Гравий (окатанный) и дресва (угловатая)	1	крупные . . . . .	20—10
	2	средние . . . . .	10—4
	3	мелкие . . . . .	4—2
Песчаные частицы (песок)	1	очень крупные	2—1
	2	крупные . . . . .	1—0,5
	3	средние . . . . .	0,5—0,25
	4	мелкие . . . . .	0,25—0,1
	5	тонкие . . . . .	0,1—0,05
Пылеватые частицы (пыль)	1	крупные . . . . .	0,05—0,01
	2	мелкие . . . . .	0,01—0,005
Глинистые частицы	1	грубые . . . . .	0,005—0,001
	2	тонкие . . . . .	<0,001

#### X. СЛОЖЕНИЕ ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТА

В случае, если водоносный горизонт приурочен к одному пласту или слою горных пород, в этом поле отметка не делается. Отмечается только двух- и многочленное сложение водоносного горизонта. При двухчленном сложении делается глубокая прорезь, а при многочленном — мелкая.

## XI. ВОДОРОДНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ рН

По концентрации водородных ионов подземные воды подразделяются на:

1. Слабокислые	4—7	4. Слабощелочные	8—10
2. Кислые	до 3	5. Щелочные	11—14
3. Нейтральные	7		

## XII. ВОДОПУНКТЫ

Кодируются в том случае, если в качестве гидрологического эталона выступают естественные или искусственные водопоявления. Использован прямой цифровой ключ.

1. Колодцы	3. Кяризы	5. Скважины
2. Источники	4. Мочажины	6. Выпоты

## XIII. ДЕБИТ

Водообильность водонесточников, водоносных горизонтов, поверхностных водотоков (в л/сек.) кодируется в шести градациях:

1) до 0,01	3) 0,1— 1	5) 10—50
2) 0,01—0,1	4) 1—10	6) больше 50

## XIV. РЕЛЬЕФ

Положение в рельефе гидрогеологического эталона определяется на перфорации по отношению к мезо- и микроформам, для чего использована классификация, принятая для геоморфологической перфокарты Барановой А. И. (Перфокартный метод... 1967 г.).

### А. МЕЗОФОРМЫ

1. Замкнутые положительные изометрические (холмы, бугры и т. д.)
2. Положительные вытянутые (хребты, гряды, склоны и др.)
3. Водораздельные пространства
4. Отрицательные замкнутые, изометрические
5. Отрицательные замкнутые, вытянутые
6. Отрицательные незамкнутые, вытянутые (ложбины, балки и др.)

### Б. МИКРОФОРМЫ

1. Отрицательные — глубокая прорезь
2. Положительные — мелкая прорезь
3. Микроплакоры — шлиц

## XV. ПОЧВЫ

Обилие специального материала, загруженность перфокартной системы не позволяют более или менее детально закодировать почвы. Поэтому почвы дифференцированы на типы по отношению к водному режиму. В основу взята классификация почв по водному режиму, предложенная Г. Н. Высоцким и уточненная А. А. Роде (1963).

- |                           |                        |
|---------------------------|------------------------|
| 1. Мерзлотный             | 4. Непромывной         |
| 2. Промывной              | 5. Десуктивно-выпотной |
| 3. Периодически промывной | 6. Выпотной            |

## XVI. РАСТИТЕЛЬНОСТЬ

Растительность часто является хорошим показателем гидрогеологических условий, в особенности для неглубоко залегающих водоносных горизонтов, поэтому ее кодирование должно проводиться по возможности детальнее. Кодирование осуществляется последовательно, на трех полях: А, Б и В.

Список типов и подтипов растительности, групп формаций составлен на основе легенды к «Геоботанической карте СССР» (Растительный покров СССР, 1956). Поле В отведено для кодирования ассоциаций, перечень которых будет составляться в процессе накопления материала для каждой единицы из поля В.

### А. Типы растительности

- |  |  |
|--|--|
| 1. Тундровая                                   | 7. Луга и болота                         |
| 2. Темнохвойные леса                           | 8. Степи                                 |
| 3. Светлохвойные леса                          | 9. Пустыни                               |
| 4. Летнезеленые хвойные леса                   | 10. Низшая растительность засушливых зон |
| 5. Лиственные леса                             |  |
| 6. Плодовые леса и заросли крупных кустарников |  |

### Б. Подтипы растительности, группы формаций, группы ассоциаций

- |  |   |
|--|---|
| 1.1. Арктические пустыни                                     | 2.2. Заросли кедрового стланика           |
| 1.2. Разреженная растительность осыпей и скал тундровой зоны | 2.3. Еловые сфагловые                     |
| 1.3. Арктические тундры                                      | 2.4. Еловые зеленомошные                  |
| 1.4. Моховые и лишайниковые тундры                           | 2.5. Еловые долгомошные                   |
| 1.5. Кустарничковые тундры                                   | 2.6. Еловые травяные                      |
| 1.6. Осоколо-лушечные кочкарные тундры                       | 2.7. Еловые сложные                       |
| 1.7. Тундровые ивняки  | 2.8. Кедровые                             |
| 1.8. Ерниковые тундры  | 2.9. Пихтовые                             |
| 2.1. Предтундровые редколесья                                | 2.10. Смешанные темнохвойные              |
|  | 3.1. Сосновые лишайниковые (бело-мошники) |
|  | 3.2. Сосновые зеленомошные                |

- |   |  |
|---|--|
| 3.3. Сосновые долгомошные                               | 7.3. Плавни (луга длительно заливаемых пойм)                     |
| 3.4. Сосновые сфагновые                                 | 7.4. Солончаково-луговая   |
| 3.5. Сосновые травяно-болотные                          | 7.5. Травяные болота   |
| 3.6. Сосновые травяно-кустарничковые                    | 7.6. Гипнопо-травяные болота                                     |
| 3.7. Сосновые остепненные                               | 7.7. Дикраново-лишайничково-сфагновые бугристые болота           |
| 3.8. Сосновые сложные                                   | 7.8. Сфагновые болота  |
| 4.1. Лиственничные редколесья                           | 8.1. Луговые степи   |
| 4.2. Лиственничные лишайничковые                        | 8.2. Типичные или настоящие (дерновиннозлаковые и ковыльковые)   |
| 4.3. Лиственничные травяно-кустарничковые               | 8.4. Кустарничковые степи  |
| 4.4. Лиственничные сфагновые (мари)                     | 8.5. Тимьянниковые степи   |
| 4.5. Лиственничные травяно-болотные                     | 8.6. Субтропические полусаванновые степи                         |
| 4.6. Лиственничные редкостойные травянистые             | 8.7. Колочетравные степи   |
| 5.1. Дубовые  | 8.8. Трагакантовые степи   |
| 5.2. Грабовые   | 8.9. Пустошные (криофильные) степи                               |
| 5.3. Липовые  | 9.1. Типичные полукустарничковые пустыни (полюнные)              |
| 5.4. Буковые  | 9.2. Остепненные пустыни   |
| 5.5. Клеповые   | 9.3. Эфемерные пустыни   |
| 5.6. Смешанные широколиственные                         | 9.4. Солянковые пустыни  |
| 5.7. Ольховые, березовые, осиновые                      | 9.5. Кустарничковые пустыни (черезники, джугунники, кзылчевники) |
| 5.8. Тополевые  | 9.6. Разреженные псаммофильные кустарники                        |
| 5.9. Пильмовые  | 9.7. Белосаксаульники  |
| 6.1. Ореховые и плодовые                                | 9.8. Черносаксаульники   |
| 6.2. Каштановые   | 9.9. Смешанные саксаульники                                      |
| 6.3. Вакантное  | 10.1. Водорослевая   |
| 6.4. Можжевельниковые редколесья                        | 10.2. Лишайниковая   |
| 6.5. Фисташковые редколесья                             | 10.3. Моховая  |
| 6.6. Фригана (пагорные ксерофиты)                       |  |
| 6.7. Заросли мезофильных и полуксерофильных кустарников |  |
| 7.1. Луга суходольные                                   |  |
| 7.2. Луга пойменные                                     |  |

## В. Ассоциации

Заполняется по мере поступления материала.

## XVII. Тектоническое строение

На перфорацию выносятся приуроченность гидрогеологического эталона к крупной тектонической структуре и отмечаются морфологические типы структур.

### А. Крупные тектонические структуры

- |                 |                            |
|-----------------|----------------------------|
| 1. Антиклинории | 6. Кряжи                   |
| 2. Синклинории  | 7. Перикратонные опускания |
| 3. Прогиты      | 8. Вакантное               |
| 4. Щиты         | 9. Вакантное               |
| 5. Плиты        | 10. Прочие                 |

### Б. Морфологические типы

- |  |                          |
|--|--------------------------|
| 1. Горизонтальное и моноклинальное залегание слоев | 3. Складки синклинальные |
| 2. Складки антиклинальные                          | 4. Разрывы               |

## XVIII. СЕЗОН СЪЕМКИ

Для отметки сезона съемки отведено поле из четырех пар отверстий и употреблен ключ 1—2—4—7. Месяцы с марта по ноябрь регистрируются самостоятельно, а декабрь, январь и февраль, как время очень редких съемок, объединены под одним номером.

- |                             |             |
|-----------------------------|-------------|
| 1. Декабрь, январь, февраль | 6. Июль     |
| 2. Март                     | 7. Август   |
| 3. Апрель                   | 8. Сентябрь |
| 4. Май                      | 9. Октябрь  |
| 5. Июнь                     | 10. Ноябрь  |

## XIX. СВЕТОФИЛЬТРЫ

Светофильтры кодируются на одной паре отверстий по трем группам:

1. Желтые светофильтры (ЖС)
2. Оранжевые светофильтры (ОС)
- 3) Красные светофильтры (КС)

## XX. ТИП ПЛЕНКИ

Типы пленок регистрируются на четырех парах отверстий ключом 1—2—4—7. В настоящее время предусмотрено восемь групп пленок и два номера оставлены вакантными.

1. Панхроматические
2. Изопанхроматические
3. Изохроматические
4. Инфрахроматические
5. Спектрозональные, чувствленные к красному и инфракрасному участкам спектра
6. Спектрозональные, чувствленные к зеленому и инфракрасному участкам спектра
7. Спектрозональные с цветоделиением на красную, зеленую и инфракрасную зоны
8. Цветные
- 9,10. Запас

## XXI. ФОКУСНОЕ РАССТОЯНИЕ ОБЪЕКТИВОВ АЭРОФОТОАППАРАТОВ

Объективы характеризуются схематично по фокусному расстоянию:

1. Короткофокусные (менее 100 мм)
2. Среднефокусные (100—210 мм)
3. Длиннофокусные — шлиц (более 210 мм)

## XXII. МАСШТАБ ФИЛЬМА

Масштаб фильма отмечается в десяти градациях ключом 1—2—4—7, на четырех парах отверстий:

- 1) 1 : 1 000 и крупнее
- 2) 1 : 2 000, 1 : 3 000 (до 1 : 5 000)
- 3) 1 : 5 000, 1 : 7 500 (до 1 : 10 000)
- 4) 1 : 10 000, 1 : 12 500 (до 1 : 15 000)
- 5) 1 : 15 000, 1 : 17 500 (до 1 : 20 000)
- 6) 1 : 20 000, 1 : 25 000 (до 1 : 30 000)
- 7) 1 : 30 000, 1 : 40 000 (до 1 : 50 000)
- 8) 1 : 50 000, 1 : 60 000, 1 : 70 000 (до 1 : 100 000)
- 9) 1 : 100 000, 1 : 200 000 (до 1 : 400 000)
- 10) 1 : 400 000 и мельче

## ГЛАВА 4

### ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ЭКСТРАПОЛЯЦИЯ

При гидрогеологических исследованиях, основанных на дешифрировании аэроснимков, распространение данных с точки наблюдения на площадь осуществляется методом экстраполяции. Этот метод по сравнению с интерполяцией носит более объективный характер, так как основан на учете ландшафтных закономерностей местности.

Гидрогеологическая экстраполяция основывается на использовании аэрофотографических эталонов. Эталонное фотоизображение участка местности сравнивается с фотоизображением рассматриваемого участка. В случае их сходства гидрогеологические параметры, установленные для эталонного участка, распространяются на территорию рассматриваемого участка. На основании такого рода экстраполяции, разумеется, при достаточном количестве имеющихся в наличии эталонов уже в предварительном камеральном периоде могут быть составлены рабочие варианты гидрогеологических карт. Такие рабочие варианты карт во время полевого картирования требуют только проверки достоверности экстраполяции, что значительно сокращает объем дорогостоящих полевых работ.

Экстраполяция для гидрогеологических целей может проводиться по элементарным эталонам, но в основном экстраполируются ландшафтные единицы — ландшафтные эталоны.

Границы экстраполяции могут меняться, во-первых, от точности определения аналогии в ландшафтном строении сравниваемых территорий, во-вторых, от объекта экстраполирования (элементарные эталоны экстраполируются на большие расстояния, чем ландшафтные), в третьих, от целей и задач, стоящих перед экстраполяцией. Достоверность экстраполяции находится

в прямой зависимости от качества обработки эталона. Виды экстраполяции могут различаться по дальности распространения признаков и по объектам экстраполяции.

При экстраполяции для гидрогеологических целей можно говорить об экстраполяции индикаторов и об экстраполяции ландшафтных единиц.

Экстраполяция по индикаторам основана на использовании элементарных эталонов. Она применима по отношению к отдельным объектам—элементам ландшафта, имеющим характерное, специфическое изображение. Несомненно, что она проводится с учетом ландшафтной приуроченности, но основной упор делается на специфику изображения. Так, различные искусственные сооружения — колодцы, кяризы, каналы, водохранилища; геологические структуры с ярким специфическим изображением — синклинали, тектонические трещины; некоторые формы и типы рельефа — бедленд, конусы выноса, оползневые склоны, а также деревья и некоторые виды травянистой растительности, т. е. все, что может дешифрироваться по геометрической форме, по специфическому рисунку, может экстраполироваться на очень большие расстояния. Степень достоверности опознавания индикаторов высокая, но при их гидрогеологической интерпретации необходимо учитывать качество индикаторов, их индикационную стабильность или лабильность, ареал действия.

Ландшафтная экстраполяция основана на аналогии ландшафтных единиц, расположенных в сходных климатических зонах. Именно вдоль климатических зон, т. е. в широтном направлении, она выполняется наиболее успешно (Б. В. Виноградов, 1962). В меридиональном направлении по зональным природным комплексам экстраполяция большей частью невозможна и ограничивается переходной полосой между зонами. Экстраполяция по аazonальным природным комплексам возможна не только в пределах зоны, но даже из одной зоны в другую (Ал. Григорьев, 1965а).

Б. В. Виноградов, рассматривая экстраполяцию ландшафтных единиц, выделяет три типа: элементарную, внутриландшафтную и дальнюю. Эту классификацию можно применить и для гидрогеологической экстраполяции по ландшафтным единицам.

Элементарная экстраполяция, или простейшая, является основой всякой работы с аэроснимками. Основывается этот вид экстраполяции на однородности строения наименьших морфологических ландшафтных единиц и однородности их изображения на аэроснимках. Данные с точки наблюдения при этом виде экстраполяции распространяются на элементарные контуры—фации. Элементарная экстраполяция обычно проводится при работе на ключевых участках и почти не вызывает затруднений.

Дальность элементарной экстраполяции ограничивается десятками и сотнями метров.

Распространение гидрогеологических данных, выявленных на ограниченном участке фации, на всю ее площадь является наиболее обоснованным, что вытекает из представления о фации как элементарной морфологической единице ландшафта. В данном случае нужно выявить границы фации и установить свойства грунтовых вод, а затем распространить полученные данные на всю площадь, занимаемую фацией. Для этого достаточно ограниченного числа точек наблюдений. Отдельные фации, их границы в большинстве случаев легко устанавливаются в результате анализа рисунка фотонизображения. На аэроснимке (рис. 46) овальным пятном почти изометрической формы более темным по сравнению с окружающей поверхностью тонко изображена просадочная западина. Она характеризуется неглубоким врезом (около 1 м) по сравнению с окружающей равниной, довольно резко выраженными склонами, плоским дном. На дне западины развиты луговые осолодевшие почвы, занятые пырейно-бекманневой ассоциацией (*Beckmannia eruciformis* + *Agropyrum repens*) с группами камыша. Травостой густой, высокий, сочный, дает проективное покрытие до 100% с перекрытием.

Аэросъемка проведена в период, когда трава в пределах западины была скошена, поэтому западина изобразилась довольно светлым неровным тоном. Западина, отснятая в момент наивысшего развития травостоя, изображается очень темным однородным тоном, резко контрастирующим с окружающей поверхностью, занятой разреженной ксерофитной растительностью.

Скважина, пробуренная в центре западины, вскрыла на глубине 3,5 м пресные грунтовые воды гидрокарбонатно-кальцевого типа засоления. Водовмещающими породами являются лёссовидные суглинки желто-бурого цвета с тонкими прослоями мелкозернистого глинистого песка и супеси. Под окружающей западину равниной распространены соленые (20—30 г/л) грунтовые воды преимущественно сульфатного типа засоления, залегающие на глубине 3,5 м.

Образование линзы пресных грунтовых вод под западиной объясняется той ролью, которую она играет в перераспределении поверхностных вод. Занимая пониженное положение в рельефе, она тем самым является очагом инфильтрации атмосферных осадков.

Гидрогеологические показатели, полученные по скважине, распространяются на всю площадь фаций, т. е. в данном случае контур линзы пресных грунтовых вод совпадает с контуром западины и хорошо читается непосредственно по аэроснимку.

Внутриландшафтная экстраполяция основывается на сходстве одноименных морфологических единиц ландшафта —

фаций, урочищ. Используется внутриландшафтная экстраполяция для проведения крупно- и среднемасштабного картирования. В результате ее применения значительно возрастает эффективность гидрогеологического дешифрирования.

Каждая категория морфологических ландшафтных единиц может быть рассмотрена с типологической точки зрения. Конкретные географические комплексы по признакам качественного сходства путем абстрагирования от индивидуальных свойств могут быть объединены в виды, классы, типы рассматриваемых единиц. Так, сходные конкретные фации могут быть объединены в виды, классы, типы фаций. Точно так же в системе типологи-

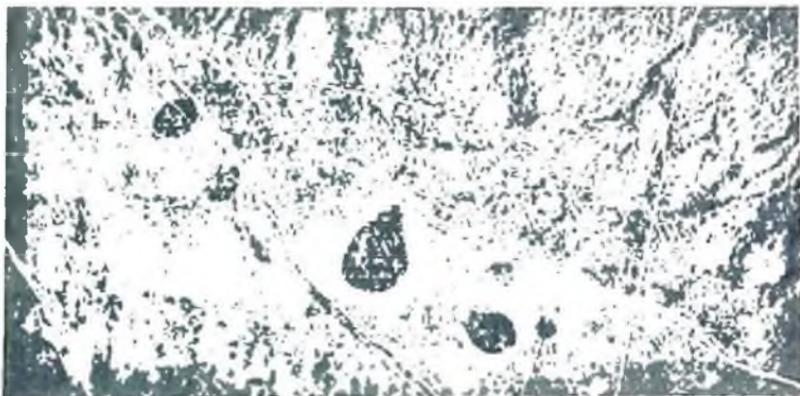


Рис. 46. Изображение однотипных урочищ.

ческой классификации могут рассматриваться урочища, местности, ландшафты. Принадлежность фации (урочища) к единой типологической классификационной единице говорит о степени их сходства и определяет возможность экстраполяции.

Достоверность переноса данных при внутриландшафтной экстраполяции зависит главным образом от того, с какой степенью точности проведена идентификация рассматриваемой морфологической ландшафтной единицы с экстраполируемой. Их аналогия определяется путем сравнения фотоизображения этих единиц на аэроснимках. Изученные и отдешифрированные в поле на ключевых участках фации урочища сравниваются с другими, развитыми в пределах того же ландшафта. Дешифровочные признаки компонентов ландшафта являются ключом к раскрытию содержания фотоизображения исследуемой территории.

Пример 1. Рассмотрим четыре урочища (рис. 46), которые имеют очень похожее фотоизображение. За внешним

сходством, отобразившимся на аэроснимке, кроется и аналогия внутреннего содержания. Это урочища одного вида, поэтому гидрогеологические параметры, установленные для одной западины, могут уверенно экстраполироваться на другие, подобные. И если одно урочище характеризуется наличием линзы пресных грунтовых вод, то можно предполагать наличие подобных линз в других урочищах.

Пример 2. Урочище (рис. 47) представляет собой неглубоко врезанную просадочную западину с пологими, отчетливо выраженными склонами (светло-серая кайма) и плоским дном (темный тон). Форма западины близка к изометрической.

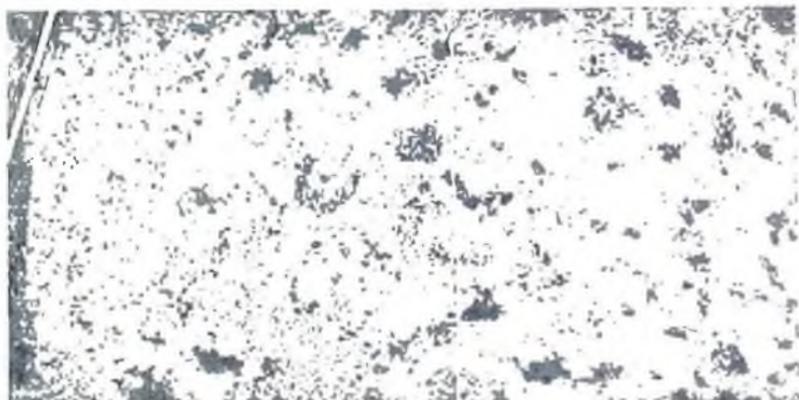


Рис. 47. Урочища: просадочные западины с пырейниками на лугово-каштановых почвах, подстилаемых лёссовидными суглинками.

Урочище состоит из двух сопряженных фаций: 1) днища западины с пырейно-типчаковой ассоциацией солодкой гладкой (*Festuca sulcata* + *Agropyrum repens* + *Glycyrrhiza glabra*) на лугово-каштановых почвах; 2) склонов западин с ромашниково-белополынно-типчаковой ассоциацией (*Festuca sulcata* + *Artemisia lherheana* + *Pyrethrum*) на светло-каштановых солонцеватых почвах.

В результате полевых наблюдений установлено, что с поверхности и до глубины 15—20 м залегают легкие и средние суглинки желто-бурого цвета, лёссовидные, являющиеся водо-вмещающими породами первого от поверхности водоносного горизонта. Под днищем западины обнаружена линза пресных грунтовых вод (0,3 г/л), залегающая на глубине 8 м. Склонам западин по данным бурения соответствует кайма более высоко-минерализованных вод (3—10 г/л).

В пределах местности развит целый ряд урочищ с подобным фотоизображением, что позволяет распространить гидрогеологические параметры, полученные для одного урочища, на другие.

Полевая проверка показала высокую точность приведенных случаев экстраполяции. Вообще достоверность внутриландшафтной экстраполяции является достаточно высокой. Уверенность в правильности ее подкрепляется тем, что изученное урочище и урочище, на которое проводится экстраполяция, располагаются в пределах одного ландшафта и, следовательно, имеют общность естественнo-исторического развития. Это легко проверяется в натуре, поскольку при среднемасштабном гидрогеологическом картировании территория исследований обычно бывает пересечена маршрутами наземных наблюдений, проводящихся с целью изучения внешнего строения ландшафта территории.

Морфологические единицы ландшафтов—фации, урочища принимают неодинаковое участие в сложении ландшафта. Поэтому при характеристике структуры ландшафта необходимо отмечать значение его отдельных морфологических частей, долю их участия в строении ландшафта. Это имеет большое значение при проведении внутриландшафтной экстраполяции и, кроме того, необходимо для различного рода генерализаций. Выяснение доли участия отдельных видов фаций, урочищ в строении ландшафта имеет большое значение для районирования территории.

В ландшафтоведении существует деление морфологических ландшафтных единиц по степени их участия в строении ландшафта. Так, А. Ф. Воронина и В. А. Николаев (1958) предлагают различать урочища доминантные и второстепенные. Ф. Н. Мильков (1959) выделяет характерные, или верные, и редкие урочища. Однако подразделение на две группы еще не охватывает всего разнообразия структурных единиц, и возникает необходимость более дробной классификации.

По аналогии с классификациями В. Н. Сукачева, Г. И. Поплавской, Браун-Бланке (Ярошенко, 1961), которые дают классификации растительных видов по степени их связи с растительным сообществом и участию в строении сообществ, можно предложить деление урочищ по степени их участия в строении местности, ландшафта на пять групп:

1) доминантные — урочища, преобладающие на площади и создающие фон данной местности. Они сходны в пределах ландшафта на разных местностях. Это то общее, что объединяет местности в ландшафт;

2) характерные или индикаторные — урочища, занимающие сравнительно небольшую площадь, определяющие специфику местности и определяющие ее название;

3) сопутствующие — урочища, играющие на изучаемой местности подчиненную роль. В то же время они могут быть характерными в других местностях данного ландшафта;

4) «случайные» — урочища, не связанные в своем развитии с определенным типом местности. Они одновременно могут участвовать в сложении нескольких местностей (например, временные водотоки);

5) редкие — урочища, имеющие очень малое распространение в пределах местности. Формирование их обусловлено не общими закономерностями местности, а какими-либо частными условиями (мочажина на месте высачивания грунтовых вод и пр.).

Внутриландшафтная экстраполяция гидрогеологических условий наиболее уверенно может проводиться от одной морфологической ландшафтной единицы к другой в случае их принадлежности к одной и той же группе приведенной выше классификации. Причем достоверность экстраполяции является наиболее высокой для первых двух и снижается при экстраполяции в пределах остальных групп.

Дальняя экстраполяция — это наиболее трудный и в то же время наиболее интересный вид гидрогеологической экстраполяции. Он основан на распределении ландшафтов в виде системы закономерно сменяющихся зон.

Большое значение для развития дальней экстраполяции имеет выделение ландшафтов-аналогов. Термин ландшафты-аналоги предложен Ф. Н. Мильковым (1948), который подразумевает под ними пространственно разобщенные физико-географические комплексы одного и того же таксономического ранга, характеризующиеся сходством в структуре и внешних чертах. Ф. Н. Мильков различает ландшафты-аналоги двух типов: морфологического и генетического. У первых за внешним сходством легко обнаруживаются глубокие внутренние различия, у вторых внешнее сходство обуславливается общностью генезиса.

При дальней экстраполяции гидрогеологических характеристик могут быть использованы только ландшафты-аналоги генетического типа. Б. В. Виноградов (1962), основываясь на аналогии ландшафтов, предлагает вести экстраполяцию в зонах по типам ландшафтов-аналогов, используя для этого карты ландшафтов-аналогов. Принцип составления схем ландшафтов-аналогов зависит от масштаба карт. Для мелкомасштабных карт (1 : 40 000 000—1 : 20 000 000) на схемах ландшафтов-аналогов выделяются климатические зоны и географические области, для среднемасштабных — типы и группы ландшафтов. Для определения аналогии двух территорий, значительно удаленных друг от друга, наиболее удобно сопоставлять их по аэрофотозображению.

Ал. Григорьев (1965б) подразделяет дальнюю экстраполяцию на три вида: 1) экстраполяцию из одного ландшафта в другой, соседний, или из одного физико-географического района в соседний, 2) региональную — из одной физико-географической области в другую в пределах одного континента, 3) зональную межконтинентальную. Первые два вида имеют много общего с внутриландшафтной экстраполяцией и отличаются от нее тем, что перенос гидрогеологических параметров может быть осуществлен в более широких грациях.

Примером межконтинентальной экстраполяции может служить ландшафт аллювиальной равнины пустынной зоны. В пойме Аму-Дарьи встречаются туган из туранги (*Populus diversipolia*), высота которой достигает 8—9 м, а диаметр стволов 20—40 см. Отдельные экземпляры отстоят друг от друга на расстоянии 2—10 м. Под пологом деревьев развит густой подлесок из чингиля (*Halimodendron halodendron*) и тамарикса (*Tamarix ramosissima*) высотой до 1,5 м и подрост туранги высотой до 2 м. Насаждения туранги чередуются с участками густых зарослей тамариксов высотой до 30—50 см и с участками отакыренной поверхности с единичными экземплярами тополя. Такие туган из тополя разнолистного индицируют прирусловой поток пресных грунтовых вод, залегающих на глубине 3—5 м.

Подобные туган из другой туранги (*Populus euphratica*) встречаются в Сирии, где они также индицируют прирусловой поток пресных грунтовых вод, залегающих приблизительно на той же глубине.

Другим примером могут служить сухие русла на территории Сахары и в Каракумах. За внешним сходством таких погребенных русел обнаруживается сходство в гидрогеологических условиях: и в том и другом случае к руслам приурочены потоки пресных или слабоминерализованных грунтовых вод. В обоих случаях показателем потока грунтовых вод являются заросли тамариксов.

Дальняя экстраполяция имеет большое значение для изучения недоступных и труднодоступных территорий, так как позволяет проводить сопоставление гидрогеологических условий далеко отстоящих территорий на основе камерального дешифрирования.

Таким образом, гидрогеологическая экстраполяция, в отличие от до сих пор применяемого метода интерполяции, носит более прогрессивный характер. Целиком основываясь на ландшафтном методе изучения местности, она тем самым предполагает использование установленных связей и зависимостей гидрогеологических условий от свойств и состояния других компонентов ландшафта в пределах определенных физико-географических комплексов.

## МЕТОДИКА КАРТИРОВАНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД ПО МАТЕРИАЛАМ АЭРОФОТОСЪЕМКИ

Обязательным условием для проведения картирования грунтовых вод является наличие площадной аэросъемки, масштаб которой должен быть крупнее масштаба гидрогеологического картирования.

В общих чертах картирование грунтовых вод по материалам аэрофотосъемки сводится к следующему. По фотосхемам, репродукциям фотосхем производится ландшафтное деление территории. В пределах крупных ландшафтных единиц (ландшафтов, местностей) выбираются ключевые участки, на которых проводятся наземные работы. Гидрогеологические данные, полученные на ключевых участках, распространяются на территории, сходные в ландшафтном отношении. Правильность экстраполяции проверяется в контрольных точках.

По характеру организации работ картирование, как и при обычной методике, проводится в три этапа: предварительное камеральное, полевое и окончательное камеральное. Виды работ в каждом из них существенно отличаются.

I. Предварительные камеральные работы включают:

1) изучение литературных и фондовых материалов по району работ,

2) знакомство с материалами аэрофотосъемки по району работ и их предварительное дешифрирование,

3) составление проекта полевых исследований.

II. Полевые работы состоят из:

1) рекогносцировки аэровизуальной и наземной,

2) аэрофотосъемочных работ,

3) наземных работ на ключевых участках, дешифрирования и эталонирования,

4) дешифрирования методом экстраполяции,

5) составления полевых карт,

6) полевого контроля.

III. В окончательную камеральную обработку материалов входят:

1) обработка полевых материалов;

2) окончательное камеральное дешифрирование,

3) окончательное составление карт,

4) написание отчета.

### ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ КАМЕРАЛЬНОЕ ДЕШИФРИРОВАНИЕ

#### Изучение литературных и фондовых материалов

В этот период собираются и систематизируются материалы прошлых лет исследований: литературные источники, фондовые

отчеты, картографический материал. Полученные данные подвергаются тщательному анализу с целью составления общего представления о районе, выявления закономерностей распространения грунтовых вод, распределения водовмещающих и водо непроницаемых пород и их геохронологии, установления корреляционных связей между свойствами грунтовых вод и компонентами ландшафта.

Данные по корреляционным связям регистрируются в сводной таблице. При этом фиксируются не только прямые связи, но и косвенные, т. е. связи отдельных компонентов.

Особое внимание в этот период уделяется данным глубокого бурения, геофизическим исследованиям, освещающим эту сторону вопроса. Это важно потому, что при картировании грунтовых вод связь их с глубокими водоносными горизонтами обычно не выявляется.

Тщательно фиксируются скважины, из которых отбирались пробы воды на полный химический анализ.

В результате изучения литературных и фондовых материалов составляются картограммы гидрогеологической изученности и карта фактического материала. На картограмме гидрогеологической изученности при помощи различных знаков отмечаются площади, подвергавшиеся прежде гидрогеологическому и геологическому изучению. В условных обозначениях к картограмме указывается год, исполнитель, площадь, масштаб и характер проведенных исследований.

Карта фактического материала составляется на основе уточненных фотосхем или фотопланов. На нее наносятся различными значками все разведочные выработки (скважины, колодцы, источники, почвенные шурфы) с указанием возраста и состава вскрытых горизонтов, глубины залегания подземных вод, их минерализации и дебита. Здесь же отмечаются места отбора проб на изучение состава, состояния и физико-механических свойств пород. На карту фактического материала наносятся только те точки опробования водоносных горизонтов и горных пород, которые имеют точную топографическую привязку и могут быть перенесены на уточненные фотосхемы или фотопланы.

Для всех нанесенных на карту точек опробования составляется каталог. Каталог водопунктов целесообразнее всего оформлять в виде перфокартотеки.

На картограмму гидрогеологической изученности и карту фактического материала наносятся не только результаты исследований по непосредственно интересующей площади, но и данные прежних исследований пограничных областей.

## Предварительное дешифрирование аэрофотоснимков

В настоящее время аэрофотосъемкой покрыта значительная часть территории Советского Союза и материалы прежних лет съемки весьма успешно могут быть использованы для предварительного дешифрирования, а иногда служить и основой всех работ.

Данные о проведенных ранее аэрофотосъемочных работах могут быть получены через центральные картографо-геодезические фонды.

Предварительное камеральное дешифрирование проводится с целью:

- а) ознакомления с природными условиями территории исследований;
- б) подготовки рабочего комплекта фотосхем;
- в) составления схемы ландшафтного деления территории;
- г) установления количества ключевых участков и мест их заложения, комплексных профилей, разведочных скважин, аэровизуальных и наземных маршрутов, предварительной разметки контрольных участков;
- д) расчета необходимого времени на выполнение полевых работ;
- е) определения объема дополнительных аэросъемочных работ;
- ж) составления проекта полевых исследований.

Уже на этом этапе желательно иметь в своем распоряжении уточненные фотосхемы, комплект контактных отпечатков и репродукцию наглядного монтажа.

Работа с аэросъемочными материалами начинается с подготовки рабочего экземпляра уточненной фотосхемы. Для этого с топографических карт на фотосхему наносятся основные ориентиры, подписываются населенные пункты, реки и другие топографические объекты. Количество таких ориентиров должно быть минимальным, чтобы не затенять фотонизображение (они нужны на фотосхеме для быстрой ориентировки).

Переносятся также основные горизонталы и высотные отметки отдельных характерных точек (триангуляционные пункты и др.). Перенесение горизонталей рельефа проводится первоначально на контактные отпечатки при помощи стереоскопа, а уже с контактных отпечатков на уточненные фотосхемы. Населенные пункты аккуратно подписываются тушью прямо на фотосхеме, горизонталы с абсолютными цифровыми отметками наносятся на нее тонкими линиями коричневого цвета. Абсолютные отметки отдельных характерных пунктов подписываются на фотосхемах также коричневым цветом. Горизонталы лучше наносить с топографической карты более крупного масштаба, чем масштаб гидрогеологической съемки.

На основе имеющихся специальных карт в масштабе уточненных фотосхем составляются предварительные карты: геоморфологическая, геоботаническая и почвенная. Помимо карт общего характера, в зависимости от задач, стоящих перед гидрогеологической съемкой, составляются специальные гидрогеологические карты: карта глубин залегания грунтовых вод, карта общей минерализации. Указанные предварительные гидрогеологические карты создаются путем корректирования соответствующих карт прежних лет исследований по результатам предварительного дешифрирования.

Одним из основных моментов предварительного камерального дешифрирования является составление схемы ландшафтного деления территории (рис. 48). По уточненным фотосхемам или даже по репродукциям наглядного монтажа исследуемая территория разбивается на отдельные участки, отличающиеся рисунком фотонизображения. Такая схема является не чем иным, как схемой ландшафтного деления территории. В создании рисунка фотонизображения (помимо искусственных факторов) основную роль играют такие компоненты ландшафта, как рельеф, растительность, почвы и поверхностные воды. Постоянство свойств указанных компонентов в пределах низшей таксономической единицы ландшафтного деления — фации — обуславливает специфический и почти однородный характер ее изображения на аэроснимке. Размеры фаций чаще всего незначительны, и сочетание фаций создает рисунок фотонизображения на аэроснимках среднего масштаба.

Более сложные ландшафтные единицы — урочища, местности — обладая большими площадными размерами, создают на фотосхемах макрорисунок фотонизображения, который в первую очередь и выявляется при анализе фотосхем. Следующие, еще более крупные единицы, начиная с ландшафта, на фотосхемах полностью не изображаются, так как занимают значительные площади. При крупно- и среднемасштабном гидрогеологическом картировании, проводящемся на площади одного планшета топографической разграфки, крупные единицы ландшафтного деления не являются объектом изучения.

Схема ландшафтного деления территории составляется гидрогеологом, геоморфологом, почвоведом и геоботаником. Совместная работа специалистов различных областей позволяет всесторонне оценить природные условия и уже на этапе предварительного дешифрирования составить схему ландшафтного строения территории. Границы контуров ландшафтных единиц проверяются по аэроснимкам при помощи стереоскопа.

Руководствуясь имеющимися литературными и фондовыми материалами, определяют содержание каждого выделенного на схеме контура и выявляют предварительно роль каждого компонента ландшафта в создании рисунка фотонизображения. Легче

всего это сделать для таких компонентов ландшафта, как рельеф и поверхностные воды. Формы рельефа и поверхностные воды при стереоскопическом просмотре аэрофотоснимков хорошо читаются. Значительно сложнее отдешифровать растительный и почвенный покров, для них в предварительном периоде получают только самые общие данные.

Нагрузка составленной таким образом схемы ландшафтного деления территории невелика, поэтому на нее же можно нанести основные точки описаний, места заложения опорных скважин и другой фактический материал. Совмещение карты фактического материала со схемой ландшафтного деления территории имеет основные преимущества потому, что позволяет оценить степень изученности каждой ландшафтной единицы.

Схема ландшафтного деления с нанесенными на нее фактическими данными используется для планирования и определения объема полевых работ. Прежде всего определяется количество и места заложения ключевых участков.

Количество ключевых участков зависит от сложности ландшафтного строения территории. Практически при среднемасштабном картировании грунтовых вод ключевые участки выбираются в пределах каждой местности с тем расчетом, чтобы на нем было представлено все разнообразие урочис, составляющих данную местность. Таким образом, размеры и количество ключевых участков зависят от сложности строения ландшафта.

Количество различных описаний и точек вскрытия водоносных горизонтов также зависит от сложности ландшафтного строения.

Контрольные участки выбираются в аналогичных по фотоизображению местах с целью проверки данных, полученных на ключевых участках. На них также проводятся геоморфологические, почвенные, геоботанические описания и гидрогеологические наблюдения. Размеры контрольных участков значительно меньше, чем ключевых. Они так же, как и ключевые, наносятся на схему ландшафтного деления и обозначаются номерами ландшафтных контуров. На ключевых и контрольных участках работы ведутся методом комплексных профилей.

Обычно на один комплексный профиль достаточно трех-четырех скважин, вскрывающих водоносный горизонт до водупора. Вообще же разведочные скважины закладываются с тем расчетом, чтобы охарактеризовать гидрогеологические условия основных элементов рисунка фотоизображения.

После того как намечены ключевые и контрольные участки, выясняется необходимость в дополнительных аэрофотосъемочных работах. При среднемасштабном гидрогеологическом картировании желательно иметь на площадь ключевых участков аэрофотосъемочные материалы нескольких масштабов: 1:3 000—1:5 000; 1:10 000 и 1:25 000 (1:17 000) для установления

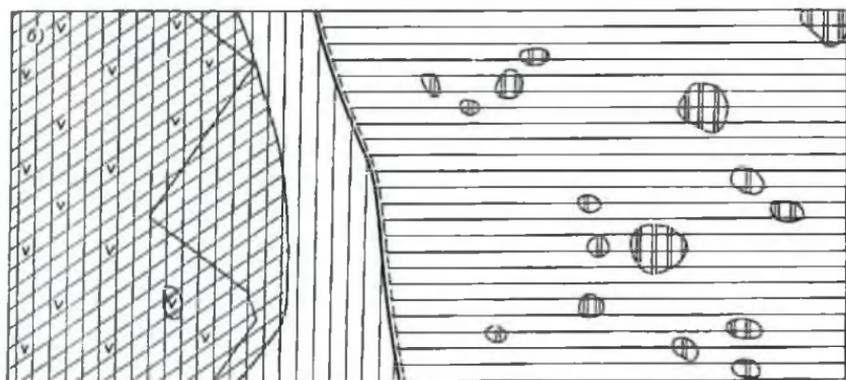
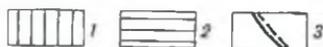
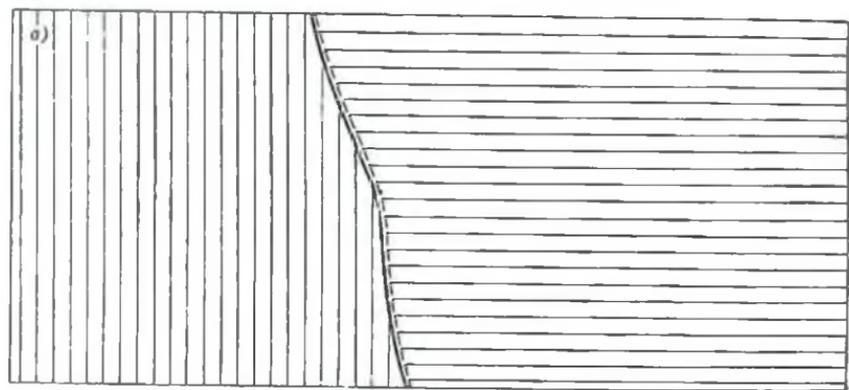
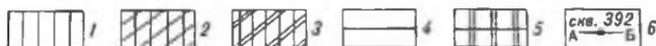
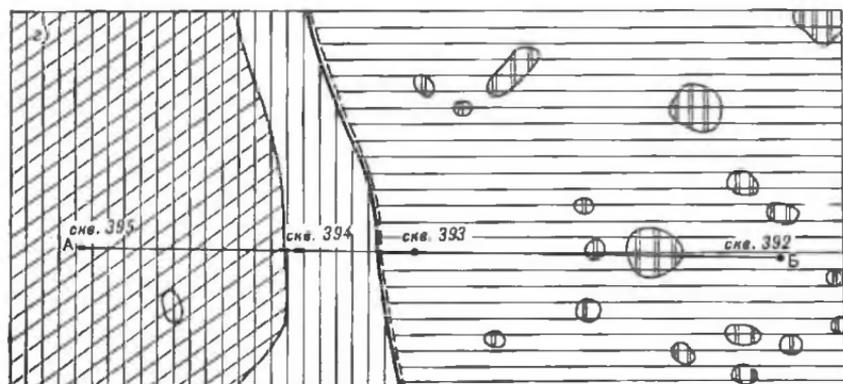
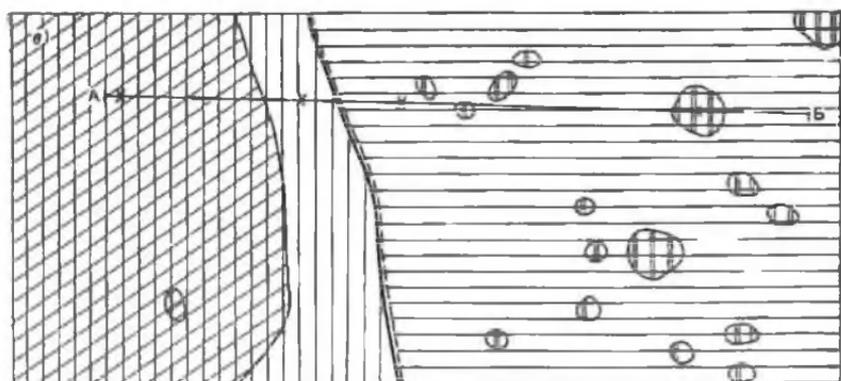


Рис. 48. Последовательность со

*a* — выделение местностей по типам рисунка фотонзображения: 1 — склоновое урочище, гических единиц ландшафта по рисунку фотонзображения: 1 — граница местностей, 2 — полевых наблюдений: 1 — склоновое урочище, 2 — урочище — днище лимана, 3 — урочище — чичие просадочных западин, 6 — намечаемый профиль, 7 — граница местности, 8 — граница минерализацией свыше 50 г/л; 2 — грунтовые воды на глубине 3—4 м с минерализацией на глубине 7—8 м с минерализацией 10—20 г/л, 5 — линзы пресных и слабуминерализованных



ставления карты грунтовых вод.

2 — местность плоскоравнинная, 3 — граница местностей; б — выделение основных морфологических границ урочищ, а — карта предварительного дешифрирования с намеченными точками просадочная западина в пределах дна лимана, 4 — местность плоскоравнинная, 5 — урочище; в — полевая карта грунтовых вод. 1 — грунтовые воды на глубине 1—6 м с общей 20—31 г/л, 3 — грунтовые воды на глубине 3 м с минерализацией 3—5 г/л, 4 — грунтовые воды грунтовых вод, б — точки полевых наблюдений.

дешифровочных признаков форм микрорельефа, растительности и почв, особенно при комплексном или мозаичном характере распределения последних. Полезно также иметь съемку ключевых участков на спектральнозональной и инфракрасной пленках.

Одновременно определяется количество и направление аэровизуальных и рекогносцировочных наземных маршрутов, которые располагаются с тем расчетом, чтобы пересечь все участки, выделенные на схеме ландшафтного деления. Линии аэровизуальных маршрутов наносятся на топографические планшеты или, что еще лучше, на рабочий экземпляр фотосхемы. Таким образом, подготавливается штурманская карта.

Время, необходимое для проведения комплекса полевых наблюдений, зависит от объема и количества намеченных аэровизуальных и рекогносцировочных маршрутов, ключевых и контрольных участков. В среднем для картирования грунтовых вод на площади одного планшета топографической разграфки масштаба 1 : 100 000 требуется 1—1,5 месяца полевых работ гидрогеологической партии.

### Составление проекта полевых исследований

Итогом анализа материалов прошлых лет исследований и предварительного дешифрирования аэрофотосъемочных материалов является составление проекта полевых исследований. При обычной методике гидрогеологического картирования (Методическое руководство, 1962) проект состоит из двух частей: гидрогеологической и производственно-технической. Если внести в него дополнения, связанные со спецификой картирования по аэрофотосъемочным материалам, то проект будет выглядеть следующим образом.

### Гидрогеологическая часть

#### Введение

1. Народнохозяйственная задача, для решения которой проектируется работа.
2. Климатические, гидрологические и гидрогеологические сведения по району.
3. Обзор ранее проведенных работ (отдельно гидрогеологических, геологических, ландшафтных, геоморфологических, геоботанических и почвенных исследований).
4. Сводка сведений по условиям района: а) геологическим и гидрогеологическим, б) геоморфологическим, в) геоботаническим, г) почвенным.
5. Схема ландшафтного деления территории.
6. Виды, методы и объемы проектируемых работ.

## Производственно-техническая часть

### Введение

1. Аэровизуальные и рекогносцировочные наземные маршруты.
2. Объем и содержание дополнительных аэрофотосъемочных и фотограмметрических работ.
3. Полевые работы: а) геоморфологические, б) геоботанические, в) почвенные, г) гидрогеологические исследования.
4. Буровые работы.
5. Лабораторные работы.
6. Топографические, геодезические работы.
7. Камеральные работы.
8. Транспорт и аренда самолета.
9. Организация работ.
10. Мероприятия по технике безопасности.

### ПОЛЕВЫЕ РАБОТЫ

#### РЕКОГНОСЦИРОВКА

Аэровизуальные и рекогносцировочные наземные маршруты проводятся с целью общего ознакомления с физико-географическими условиями района, первой корректировки данных предварительного дешифрирования, уточнения местоположения ключевых и контрольных участков и для установления дешифровочных признаков.

При аэровизуальных наблюдениях проводят общий облет площади исследования с таким расчетом, чтобы пересечь все крупные ландшафтные единицы.

Рекогносцировочные наземные маршруты проводятся на автомашинах с участием всех научных сотрудников. Наибольший результат достигается в том случае, когда наземные маршруты ведутся по фотосхемам или по фотоснимкам, подобранным по маршрутам. Основной целью этих маршрутов является установление дешифровочных признаков. Необходимость этого обусловлена значительными сезонными изменениями в облике территории, особенно в состоянии растительного покрова. Аэрофотосъемка обычно проводится в сжатые сроки, чаще всего в течение одного сезона, тогда как полевые работы могут продолжаться в течение весны, лета и осени. Поэтому исследователь, имея в руках съемку весеннего периода, может попасть на местность летом или осенью и без наземной рекогносцировки ориентироваться в дешифровочных признаках в этом случае будет трудно.

#### Аэрофотосъемочные работы

Для целей гидрогеологического картирования полный комплект аэросъемочных материалов должен включать:

А. Площадную аэрофотосъемку на всю территорию картирования в виде: 1) набора контактной печати (аэроснимков)

в масштабе в 2—4 раза крупнее масштаба картирования, 2) фотосхем (уточненных фотосхем или фотопланов), 3) репродукций накидного монтажа;

Б. Опытную крупномасштабную аэрофотосъемку ключевых участков в разных масштабах и на разных типах пленок, представленных в виде контактных отпечатков.

План аэросъемочных работ составляется в предварительный период и уточняется после аэровизуальных и наземных рекогносцировочных маршрутов. Аэрофотосъемка выполняется в соответствии с существующими требованиями ГВФ.

### **Наземные работы на ключевых участках**

Полевые наземные работы следует сосредоточить на ключевых участках. Методика использования ключевых участков для различных исследований известна с докучаевских времен, но наиболее конкретную форму она получила в связи с развитием ландшафтоведения.

Выгодность метода ключевых участков заключается в том, что при непосредственных полевых работах исследуется не вся территория, а ее часть (ключевые участки). Данные, полученные на этих участках, распространяются на всю территорию исследований.

Площадь ключевых участков зависит от величины исследуемой территории, от сложности ее ландшафтного строения, от масштаба картирования и от тех задач, которые ставятся перед картированием. Обычно, чем больше площадь исследований, тем больше должна быть площадь ключевых участков. Исключением может быть такая территория, на которой развито всего два-три урочища, а иногда и одно, например крупный сор.

Чем сложнее и разнообразнее ландшафтное строение территории, тем большую площадь занимают ключевые участки.

Масштаб картирования определяет объект и степень детальности изучения территории. Например, при среднемасштабном гидрогеологическом картировании на картах могут быть отражены только гидрогеологические условия урочищ, фациальные же изменения не отражаются в этом масштабе. Поэтому основным объектом изучения в данном случае является урочище. При более крупном масштабе картирования требуется уже детальное освещение фациальных условий.

Для отдельных единиц картографирования в первом приближении можно пользоваться положениями ландшафтоведения: на ландшафтных картах крупного масштаба изображают преимущественно фацис, картах среднего масштаба — урочища и картах мелкого масштаба — ландшафты. Естественно, что точное установление объекта картографирования возможно только с учетом конкретных особенностей территории, особенностей распределения этих единиц на местности и их значения.

Задачи, стоящие перед гидрогеологическим картированием, также влияют на площадь ключевых участков. Если эти задачи широки, например, проводится полное изучение гидрогеологических условий, то площадь ключевых участков больше, так как в сферу изучения попадает все разнообразие физико-географических комплексов. В тех случаях, когда стоят частные задачи, например выявление источников водоснабжения, площадь ключевых участков может быть сокращена за счет того, что физико-географические комплексы, заведомо неперспективные в отношении поисков пресных грунтовых вод, детально могут не изучаться (солончаки, такыры).

В литературе еще нет единого мнения о размерах ключевого участка. В. П. Лидов и Ю. Г. Саушкин (1950) для условий Центральной черноземной полосы рекомендуют ключевые участки в 30—50 км<sup>2</sup>. В. В. Котельников (1950) пишет, что максимальный предел площади ключевого участка может быть до 100 км<sup>2</sup>. Последняя рекомендация относится не к чисто ландшафтным исследованиям. Здесь учитывались интересы и эконом-географов, для которых важно, чтобы оцениваемая территория была достаточно разнообразной в хозяйственном отношении.

А. Г. Исаченко (1961) рекомендует брать ключевые участки площадью порядка 1 км<sup>2</sup>, но указывает, что могут быть и значительные отклонения в ту и другую сторону. В качестве примера он приводит данные по Северо-Западному Приладожью, где в качестве ключевого участка был взят участок длиной около 750 м при ширине вдвое меньшей. Площадь ключевого участка для Южного Китая составила около 1 км<sup>2</sup>.

Опыт работ в Сарпинской низменности также показал, что целесообразнее выбирать не один крупный участок, а несколько мелких. Это позволяет проводить более детальные исследования фацциальных условий, так как объектами изучения на ключевых участках являются гидрогеологические условия фацции. Кроме того, в пределах одного хотя и значительного по площади ключевого участка трудно встретить весь набор природных территориальных комплексов в их типичном для данной местности выражении.

Для того чтобы до выезда в поле точно определить необходимое количество и площадь ключевых участков, следует иметь готовую ландшафтную карту или схему ландшафтного строения территории. В настоящее время ландшафтным картированием покрыта очень незначительная территория, поэтому чаще всего картирование грунтовых вод по материалам аэрофотосъемки будет сопровождаться проведением необходимых ландшафтных исследований.

Для грубой оценки можно пользоваться данными ландшафтных исследований, проводившихся в сходных физико-географических условиях. Опыт работ по картированию грунтовых вод

показал, что максимальная площадь ключевых участков для одного планшета масштаба 1 : 100 000 составляет 200—250 км<sup>2</sup>, т. е. 15—20% общей площади картирования.

Метод ключевых участков позволяет достичь значительного экономического эффекта (Солищев, 1950). Кроме того, он дает возможность получения объективного массового материала, пригодного для последующей математической обработки. Поэтому метод ключевых участков является одним из наиболее рациональных методов при картировании грунтовых вод на основе дешифрирования аэроснимков.

От правильного выбора местоположения, количества и площади ключевых участков во многом зависит качество картирования. При установлении площади ключевых участков необходимо стремиться к тому, чтобы она была минимальной и в то же время достаточной для характеристики всех типичных природных территориальных комплексов.

По ключевым участкам выясняются все ландшафтные закономерности (в том числе и гидрогеологическая обстановка) территории картирования. Поэтому обработка их должна проводиться с большей степенью детальности, чем этого требует масштаб гидрогеологической съемки. При картировании в масштабе 1 : 100 000 детальность обработки ключевых участков должна соответствовать масштабу 1 : 50 000—1 : 25 000, т. е. в 2—4 раза крупнее. Только при таком подходе можно достаточно детально разобраться в физико-географических и гидрогеологических условиях района, и только при детальной обработке ключевых участков возможен обоснованный перенос дешифровочных признаков (экстраполяция) с ключа на всю площадь картирования.

Как указывалось, о гидрогеологических особенностях, т. е. о внутреннем содержании той или иной ландшафтной единицы, можно судить по внешнему ее строению, по внешним чертам, отражающимся на аэрофотоснимках. Компоненты, участвующие в создании внешнего облика ландшафтных единиц, иногда называют физиономическими. К таким компонентам ландшафта относятся: рельеф, растительность, поверхностные воды, в различной степени почвенный покров и горные породы.

Отсюда вытекает важность определения правильной ландшафтной характеристики территории. Основа такой характеристики закладывается при работе на ключевых участках. В это время определяется ранг ландшафтных единиц и разрабатываются их классификационные наименования. Наименование ландшафтной единицы складывается из ряда показателей, относящихся к рельефу, горным породам, почвам, растительности и другим компонентам (Исаченко, 1961).

Последовательность расположения показателей в наименовании ландшафтной единицы должна быть строго определенной. Обычно на первое место ставят характеристику того компонента ландшафта, который определяет особенности других, обуславливает дифференциацию географических комплексов (местоположение для фаций, формы рельефа и поверхностные воды для урочищ и т. д.). Завершаться наименование ландшафта должно характеристикой того компонента, который имеет в данном районе наибольшую индикаторную роль.

Изучение ландшафтных единиц в поле идет от низших таксономических единиц к высшим. Сначала выделяют фации (или звенья), сопряженные фации объединяют в урочища и т. д. Такой подход облегчает изучение структуры ландшафта, позволяет устанавливать типологические ландшафтные единицы, что важно для следующего этапа картирования — экстраполяции.

Границы фаций, урочищ устанавливаются на ключевом участке при помощи аэроснимков, а содержание, характеристика фациальных условий, их связь с грунтовыми водами определяются главным образом путем полевых наблюдений, непосредственного вскрытия и опробования грунтовых вод скважинами.

Если заведомо известно, что некоторые фации и соответствующие им гидрогеологические условия в силу своих незначительных размеров не могут быть показаны на гидрогеологической карте, а тем более не могут быть показаны границы их перехода в соседние фации, то нет надобности проводить детальное изучение фациальных переходов; их можно показывать приближенно, но в соответствии с требованиями масштаба гидрогеологической карты.

Основным методом изучения ключевых участков является метод комплексных профилей. При помощи этого метода выясняются гидрогеологические условия, и он же служит основой для детальной площадной ландшафтной съемки.

Разведочные выработки на профиле располагаются так, чтобы охарактеризовать все элементы ландшафта и выявить их связь с грунтовыми водами. Параллельно с проходкой скважин проводится почвенное и геоботаническое описание профиля. Разведочные выработки соединяются нивелирным ходом для более полной характеристики особенностей рельефа. Проходка одного такого профиля позволяет охарактеризовать водоносный горизонт и показать его связь с рельефом, литологией, почвенным и растительным покровом (рис. 49—57).

Конечной задачей полевого дешифрирования на ключевых участках является составление гидрогеологических эталонов. При полевых работах обычно пользуются предварительными эталонами, за которые принимают аэроснимки ландшафтных единиц, отработанные на ключевых участках при помощи комплексных профилей. Такие эталоны не являются

окончательными и пригодны лишь для начальной стадии работы — внутриландшафтной экстраполяции. В дальнейшем предварительные эталоны проверяются на контрольных участках.

### Дешифрирование методом экстраполяции

После отработки ключевых участков, проходки комплексных профилей и описания рельефа, почв и растительности, выявления дешифровочных признаков проводится экстраполяция.

Путем анализа рисунка фотозображения и данных профилей устанавливается аналогия между ландшафтными единицами, развитыми на площади ключевого участка. Аналогия ландшафтного строения предполагает и сходство гидрогеологических условий, поэтому гидрогеологические параметры, выявленные путем непосредственного вскрытия и опробования на комплексных профилях, вполне обоснованно экстраполируются на всю площадь ключевого участка, т. е. гидрогеологические данные, полученные для конкретных фаций, урочищ распространяются на площадь этих ландшафтных единиц.

Такая внутриландшафтная экстраполяция является достаточно достоверной. Полнота и достоверность отдельных ландшафтных характеристик (рельефа, почв, растительности) достигаются работой комплекса специалистов.

Достоверность и надежность экстраполяции зависят от качества отработки эталонов, от степени их апробации. Проверку эталонов можно провести путем сопоставления данных по нескольким комплексным профилям.

Экстраполяция гидрогеологических данных с ключевого участка на весь характеризуемый им контур не представляет больших трудностей.

### Составление полевых карт

Полевые карты составляются непосредственно в процессе дешифрирования. Основой для них служат рабочие экземпляры уточненных фотосхем или фотопланы. В тех случаях, когда уточненных фотосхем и фотопланов в распоряжении исследователей нет, приходится пользоваться неуточненными фотосхемами, но это усложняет следующий этап — составление окончательных карт.

При работе на ключевых участках по данным проходки комплексных профилей и вспомогательных наблюдений составляются карты-врезки на территорию ключевых участков. Карты-врезки составляются в масштабе более крупном (в 2—4 раза), чем масштаб заданных карт. Так, при картировании в масштабе 1:100 000 карты-врезки создаются в масштабе 1:25 000 — 1:50 000. Они служат для более детального отражения действительных гидрогеологических условий.

В районах с «пестрыми» гидрогеологическими условиями, какими обычно являются районы пустынных и полупустынных зон, на картах среднего масштаба они могут быть отражены лишь схематично. И для того чтобы схематизация не искажала природных условий, точнее, для того, чтобы были видны размеры и характер этих искажений, создаются карты-врезки.

Карты-врезки служат основой для составления полевых карт, их данные экстраполируются на всю территорию, и путем дешифрирования фотосхем создаются полевые карты.

Границы гидрогеологических контуров определяются по фотосхеме или другим аэросъемочным материалам исходя из рисунка фотонизображения. Чаще всего эти границы приурочены к тем местам, где наблюдается смена одного типа фотонизображения другим; когда эта смена четкая, резкая, тогда граница гидрогеологического контура проводится легко. В случае плавного, постепенного перехода одного рисунка фотонизображения в другой проведение границ усложняется. При небольшой ширине переходной зоны (по отношению к масштабу картирования) граница проводится посередине переходной зоны. Для точного установления границ в переходной зоне осуществляется проходка контурных комплексных профилей. Последние одновременно служат и контролем для ключевых участков.

Гидрогеологическое содержание контуров обеспечивается данными ключевых участков. Местоположение ключевых участков, а следовательно, и карт-врезок точно очерчивается на общей карте, в соответствии с требованиями масштаба карт. Эти площади показываются штриховкой или закраской и снабжаются порядковыми номерами; обозначения эти вводятся в легенду.

Отличительной особенностью среднемасштабных гидрогеологических карт, составленных по материалам аэрофотосъемки, является то, что они создаются на основе крупномасштабных карт-врезок, путем генерализации. Естественно, что точность и детальность отражения природных гидрогеологических условий в последнем случае будут значительно выше.

Принципы и методы генерализации гидрогеологических карт не разработаны. В связи с этим в настоящей работе используются эмпирические данные, полученные во время картирования грунтовых вод по материалам аэрофотосъемки в полупустынных районах. Эти данные были сопоставлены с принципами генерализации, разработанными при составлении геоботанических и почвенных карт.

Для полупустынных и пустынных районов, характеризующихся чрезвычайной пестротой распределения грунтовых вод по глубине залегания и химизму, проблемы генерализации приобретают особо важное значение. «Генерализацией в картографии называется процесс отбора и обобщения содержания

карты в целях создания правдоподобного изображения» (Исаченко, 1962).

Смысл генерализации заключается в обобщении вскрытых закономерностей гидрогеологической обстановки в соответствии с теми задачами, которые стоят перед картированием. При обобщении содержания карт, составленных для ключевых участков, проводятся два взаимосвязанных типа генерализации: геометрическая и генерализация содержания контуров.

Геометрическая генерализация заключается в отборе контуров и обобщении их конфигурации с целью отражения действительных соотношений площадей с различными гидрогеологическими характеристиками и закономерностями распределения этих площадей в связи с ландшафтными условиями. Кроме того, в результате геометрической генерализации проводится отбор некартируемых в данном масштабе явлений и отражение их на карте посредством внесмасштабных знаков. В качестве среднего минимального размера компактных контуров на гидрогеологических картах можно принять  $4 \text{ мм}^2$ , а для линейных контуров — ширину в 1—2 мм.

Кроме того, при картировании районов с большой пестротой гидрогеологических условий представляется целесообразным при генерализации выпускать вполне картируемые в данном масштабе контуры, т. е. прибегать к некоторой искусственной схематизации для того, чтобы избежать излишней пестроты, замаскировывающей основные закономерности распределения грунтовых вод.

Для правильной передачи характера размещения грунтовых вод по глубине и химизму при генерализации мелких контуров нельзя основываться только на их размерах, а в первую очередь необходимо учитывать их практическое значение. Например, линзы пресных грунтовых вод в полупустыне чаще всего имеют незначительные площадные размеры. Руководствуясь при генерализации только их размерами, можно было бы и не показывать их на среднемасштабных гидрогеологических картах. Но в то же время такие линзы имеют важное народнохозяйственное значение, являясь зачастую единственным источником водоснабжения, поэтому отражение таких гидрогеологических объектов на карте обязательно, независимо от их размеров. Важные с практической точки зрения гидрогеологические объекты необходимо вводить в легенду.

При частой смене площадей с различными гидрогеологическими условиями иногда бывает целесообразно прибегать к показу сочетаний, раскрывая их содержание в легенде.

Геометрическая генерализация проводится в тесной связи с генерализацией контуров.

Генерализация содержания гидрогеологической карты заключается в первую очередь в обобщении легенды. Промежу-

точные градации в легендах устраняются, а выбираются основные, занимающие наибольшие площади и являющиеся зональными. Кроме того, учитываются контуры, не имеющие широкого площадного распространения, но важные с практической точки зрения.

Другим путем генерализации содержания является переход от показа гидрогеологических условий ландшафтных таксономических единиц низших рангов к показу на карте гидрогеологических условий ландшафтных единиц более высокого ранга. Например, в соответствии с требованиями масштаба на среднемасштабных гидрогеологических картах отображаются гидрогеологические условия урочищ, а не фаций, как это возможно на картах ключевых участков.

### Полевой контроль

Полевые карты грунтовых вод подвергаются проверке.

В пределах каждого ландшафтного района выбирается контрольный участок. Выбор этот, так же как и для ключевого участка, проводится по рисунку фотонизображения с использованием дешифровочных признаков, выявленных на ключевом участке. Рисунок фотонизображения контрольного участка должен быть типичным для всего характеризуемого района и аналогичен рисунку фотонизображения ключевого участка.

Таким образом, ключевые и контрольные участки закладываются на территории с аналогичными ландшафтными условиями, т. е. они характеризуют сходные фации, урочища. Поэтому теоретически расхождения между гидрогеологическими данными, полученными на ключевом и контрольном участках, не должно быть. Получение несопоставимых величин практически может быть в двух случаях:

- 1) при неправильном определении аналогии ландшафтных условий контрольного и ключевого участков и
- 2) при недостаточном учете подвижности грунтовых вод.

Достоверность аналогии ландшафтных условий в пределах ключевого и контрольного участков достигается дешифрированием материалов аэрофотосъемки, объективно отражающих природные условия изучаемой местности. Комплексный подход к изучению природных условий, т. е. оценка этих условий специалистами различных областей, также дает уверенность в правильности определения аналогии.

Вторая причина объясняется тем, что грунтовые воды, являясь одним из наиболее подвижных компонентов ландшафта, могут характеризоваться различными свойствами даже в сходных ландшафтных условиях.

При достаточно глубоком залегании грунтовых вод изменение гидрогеологических условий может и не выражаться во

внешнем облике природных территориальных единиц. Но предвидеть такие изменения гидрогеологических условий вполне возможно. Они возникают, как правило, на периферии ландшафтных выделов, т. е. там, где может сказываться влияние соседних ландшафтных участков, отличных по свойствам от рассматриваемого. Отсюда вытекает правило: нельзя располагать контрольные участки в непосредственной близости к границам ландшафтного выдела.

Во время проведения полевого контроля также уточняются дешифровочные признаки, выявленные на ключевых участках.

Работа на контрольных участках является завершающим этапом полевых работ, в результате которого создаются проверенные полевые варианты гидрогеологических карт.

Для уточнения отдешифрованных границ в случае необходимости целесообразно завершать полевые работы аэровизуальными наблюдениями и наземными маршрутами. Во время наземных объездов территории уточняются дешифровочные признаки и правильность проведенной экстраполяции: проводятся описания рельефа, растительности, почв. Глубоких почвенных разрезов и буровых скважин в это время не проходят.

### **ОКОНЧАТЕЛЬНАЯ КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ**

В окончательном камеральном периоде все полученные фактические материалы систематизируются, уточняются границы гидрогеологических контуров и составляются чистовые варианты карт. Полевые бланки перфокарт переписываются начисто, в описания добавляются аналитические определения, данные химических анализов грунтовых вод, почв и почвообразующих пород.

В окончательном камеральном периоде полевые карты уточняются и дополняются.

Для того чтобы вносить уточнения и дополнения в полевые карты, необходимо получить дополнительные сведения о районе, дополнительные характеристики водоносных горизонтов. Источниками таких сведений в этот период являются:

а) получение результатов лабораторных определений (химического состава грунтовых вод, физико-химических и физико-механических свойств пород, водно-физических и химических свойств почв, камеральное определение видового состава растительности и др.);

б) окончательная систематизация и обобщение всех собранных фактических данных в предварительный и полевой периоды;

в) систематизация и обобщение установленных корреляционных зависимостей компонентов ландшафта и всех выявленных дешифровочных признаков.

В результате окончательной систематизации, анализа и обобщения всех собранных данных проводятся следующие операции по уточнению и дополнению полевых карт:

а) уточняются градации основных гидрогеологических параметров, принятых для отражения на картах гидрогеологических характеристик;

б) проверяются и дополнительно обосновываются размеры и характер генерализации данных ключевых участков;

в) выясняется обоснованность и достоверность проведенной экстраполяции;

г) осуществляется точный перенос закартированных элементов с материалов аэросъемки на топографическую основу.

Перенос данных на топографическую основу осуществляется разными методами. Это зависит от того, какие аэросъемочные материалы использовались в полевой период.

Если при гидрогеологическом дешифрировании использовались фотопланы или уточненные фотосхемы, то перенос гидрогеологического содержания на основу осуществляется наиболее просто — при помощи обычного пантографирования или репродуцирования.

Как известно, фотопланы изготавливаются обязательно из трансформированных аэроснимков, приведенных к одному стандартному масштабу. Ошибки изображения контуров не превышают допустимых ошибок топографических карт соответствующего масштаба (средняя квадратическая ошибка в изображении контуров в масштабе плана составляет  $\pm 0,4$  мм). Фотопланы снабжаются рамками трапеций, координатной сеткой, на них указывается масштаб и делаются пояснительные надписи.

Несмотря на то что уточненные фотосхемы изготавливаются из трансформированных снимков, на них наблюдаются колебания масштабов, что зависит главным образом от рельефа местности. Чем сложнее рельеф местности, тем больше разница в масштабах отдельных снимков. Изменения масштаба уточненных фотосхем могут достигать 10%; но для равнинных областей, где нет больших колебаний высот, ошибка незначительна. Она удовлетворяет точности предъявляемой к среднемасштабным картам.

Простые фотосхемы уже не являются точным видом аэрофотографических материалов. Они сохраняют все недостатки метрических свойств отдельных аэроснимков (искажения масштаба и т. д.). Изменения масштаба здесь могут достигать 20—30%. Поэтому для переноса гидрогеологического содержания дешифрированных аэроснимков необходимо изготовить в камеральный период фотопланы или уточненные фотосхемы, на них перенести гидрогеологическую нагрузку аэроснимков. Затем с фотопланов или уточненных фотосхем гидрогеологическая нагрузка переносится на топографическую основу. Возможно пе-

ренесение гидрогеологического содержания аэроснимков на топографическую основу и без предварительного процесса изготовления уточненных фотосхем (фотопланов). Перенос в этом случае осуществляется при помощи одиночного проектора. Методы переноса данных с аэроснимков на топографическую основу подробно рассмотрены в статье Л. М. Циккеля (1964).

## ГЛАВА 6

### ПРИМЕРЫ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ

Общая схема предложенной методики картирования в зависимости от природных условий районах исследования и от задач, решаемых исследователями, должна конкретизироваться. Эта методика была апробирована в производственном масштабе при картировании первого от поверхности земли водоносного горизонта в зоне полупустынь и при изучении подтакрыных линз в южных песчаных пустынях.

#### Картирование грунтовых вод в полупустыне

Гидрогеологические карты в полупустыне являлись частью почвенно-мелиоративных исследований, предназначенных для обоснования проектного задания одной из оросительно-обводнительных систем. Основной целью этих работ, как указывалось, было определение характера распределения глубины залегания и общей минерализации первого от поверхности земли водоносного горизонта на территории свыше 4000 км<sup>2</sup>. В результате исследований следовало представить карту глубины залегания и общей минерализации в масштабе 1 : 100 000.

Район исследования расположен в пределах полупустыни с резко континентальным климатом. Основные черты современного рельефа обусловлены хвалынскими трансгрессиями моря, образовавшими морскую аккумулятивную равнину, на которой сохранились реликтовые элементы рельефа морского дна — следы береговых линий, лиманы. Позднее поверхность осложнена явлениями просадки, эоловыми и эрозийными процессами.

По растительному покрову это подзона злаково-полянных остепненных полупустынь, по характеру почвенного покрова — провинция светло-каштановых и бурых почв, солонцовых комплексов, песчаных массивов и пятен солончаков. Отличительной особенностью почвенно-растительного покрова является комплексность, обусловленная быстрой сменой сообществ и разновидностей почв.

Территория характеризуется развитием мощного чехла четвертичных отложений.

Толща отложений представлена следующими слоями.

Отложения бакинского возраста нигде непосредственно не вскрываются и обнаружены только в разрезах глубоких скважин. Представлены они преимущественно глинами красно-бурого цвета с прослоями мелко- и тонкозернистых глинистых песков. Мощность отложений бакинского возраста достигает нескольких десятков метров.

Следующая крупная трансгрессия произошла в хазарское время, и ее осадки залегают на сильно размытой поверхности бакинских отложений. Отложения хазарского возраста на рассматриваемой территории имеют широкое распространение. Строение их очень сложно из-за значительной фациальной изменчивости. Имеют место различные генетические типы отложений. Наиболее широким распространением пользуются старичные, озерные, озерно-болотные отложения, представленные опесчаненными глинами и суглинками темных тонов, часто синих или зеленоватых, иногда стально-серого цвета. Иногда встречаются плотные красные глины сравнительно небольшой мощности с друзами гипса, названные астраханским горизонтом. Генетически астраханский горизонт представляет собой аллювиальную и аллювиально-делювиальную толщу осадков. Широким развитием на территории исследований пользуются также светло-желтые, тонкие, пористые, пылеватые суглинки и супеси лёссовидного облика. В них содержатся остатки костей млекопитающих. Генетически они представляют собой делювиальные и аллювиально-делювиальные отложения и носят название ательских слоев.

Между нижнехазарскими и верхнехазарскими морскими осадками местами встречаются глины и суглинки с пресноводной фауной («итильские» слои). Они являются довольно выдержанным горизонтом, указывающим на смену морских условий континентальными. Кроме того, в основании верхнехазарского горизонта иногда вскрывается базальный горизонт грубых песков и гальки, переполненный битой фауной. Все это свидетельствует о регрессии нижнехазарского морского бассейна.

Хвалынский отложения представлены осадками крупного солоновато-водного бассейна. Они пользуются наибольшим распространением. Основным типом морских хвалынских отложений являются характерные слонистые глины шоколадного цвета и бурые суглинки. На основании анализа морских моллюсков и по характеру стратиграфических соотношений морские отложения делятся на два горизонта — нижнехвалынский и верхнехвалынский. Раннехвалынская морская трансгрессия была максимальной. В это время бассейн заходил далеко на север.

К концу раннехвалынского этапа происходит отступление моря, сменившееся позднехвалынской трансгрессией, которая распространилась на значительно меньшие площади. Ее границы примерно совпадают с нулевой горизонталью современного рельефа.

Нижнехвалыньские отложения представлены широко распространенными бурыми песчанистыми глинами, суглинками и песками, слоистыми глинами шоколадного цвета.

Кроме морских нижнехвалыньских отложений, имеют место и континентальные, представленные делювиальными палевыми, темно-бурими лёссовидными суглинками.

Верхнехвалыньские осадки представлены преимущественно песками с морской фауной и комплексом континентальных отложений с погребенными почвами. Они отделены от нижнехвалыньских морских осадков континентальными «енотаевскими» слоями. Северная граница распространения морских верхнехвалыньских отложений приблизительно определяется нулевой или близкой к ней горизонталью. Мощность хвалыньских отложений изменяется от 5 до 15 м.

Покров новокаспийских отложений на рассматриваемой территории характеризуется слабым развитием и малой мощностью. Среди континентальных образований выделяются отложения: золотые, такыров, соров, солончаков, соленых озер, пресных озер, пролювиальные, аллювиальные.

Гидрогеологические условия. В четвертичных отложениях выделяются водоносные горизонты, залегающие в породах бакинского, хазарского, хвалынского и новокаспийского ярусов. В толще водоносных четвертичных отложений отсутствуют выдержанные по мощности и простиранию водонепроницаемые слои, разграничивающие горизонты. Водонепроницаемые слои имеют локальное распространение, поэтому воды различных стратиграфических горизонтов гидравлически связаны между собой и отнесены к тому или иному стратиграфическому горизонту в значительной степени условно. К местам развития местных водоупоров приурочены участки межпластовых слабонапорных вод.

Гидрогеологические условия различных водоносных горизонтов четвертичных отложений изучены недостаточно и неравномерно. Меньше всего сведений имеется для бакинского водоносного горизонта, несколько лучше освещены гидрогеологические условия хазарского и наиболее полно изучен хвалыньский водоносный горизонт.

Водоносный горизонт бакинского яруса характеризуется глубиной залегания 50—55 м, иногда вскрывается на глубине 15—20 м. Водоносными породами служат главным образом мелкозернистые глинистые пески, залегающие в виде прослоев между глинами. Мощность этих прослоев 0,5—3,0 м, редко до 20 м.

Водоупором служат бакинские, красно-бурые глины и глины апшеронского возраста.

Кровлей водоносного горизонта являются бакинские и хазарские глины. Воды характеризуются высокой степенью минерализации, которая доходит до 100 г/л и выше. По составу они в основном хлоридно-натриевые. Дебит скважин колеблется от 0,01 до 4,5 л/сек. Практического значения воды бакинского водоносного горизонта не имеют.

В отложениях хазарского яруса грунтовые воды встречаются в нижнем морском и верхнем континентальном (ательском) горизонтах. Преобладающим распространением пользуется нижний хазарский водоносный горизонт, являющийся основным. Воды, приуроченные к ательским слоям, имеют спорадическое распространение.

Грунтовые воды морских хазарских отложений приурочены к светлым желтовато-серым пескам, мелкозернистым, глинистым, плавунного характера, иногда чисто кварцевым, местами галечниковым. В толще песков и в кровле встречаются бурые иловатые глины, являющиеся местными водоупорами. Иногда водоносные морские хазарские отложения представлены суглинками с редкими и маломощными прослойками песка и лишь в редких случаях мелкозернистыми песками. Водоупором хазарского водоносного горизонта служат глины низов хазарской толщи, реже бакинские глины. Водоносные континентальные (ательские) отложения хазарского яруса представлены желто-бурыми лёссовидными гипсоносными суглинками и реже супесями и песками. Глубина залегания хазарского водоносного горизонта изменяется от 5 до 20 м, мощность его колеблется от 2—5 до 15—20 м.

Воды хазарских отложений имеют пестрый состав: часто скважины, расположенные на близком расстоянии одна от другой, дают воду, значительно отличающуюся по степени минерализации. Преобладают высокоминерализованные грунтовые воды со степенью минерализации 30—50 г/л и более. По составу эти воды в основном хлоридно-натриевые, реже хлоридно-сульфатно-натриевые. В связи с относительно большой глубиной залегания и повышенной минерализацией воды хазарского водоносного горизонта почти не используются.

Хвальинский водоносный горизонт на территории исследования распространен почти повсеместно. Он приурочен к песчаной толще верхнехвальинских осадков, к песчаным прослойкам и линзам в глинах и суглинках или к суглинкам нижнехвальинских отложений.

Общее направление движения грунтовых вод совпадает с уклоном поверхности и направлено с севера на юг. Уклон зеркала грунтовых вод чрезвычайно мал — от 0,0015 до 0,003. Понижения рельефа, озерные впадины, солончаки, являющиеся

местными дренами, вызывают отклонения от общего направления движения грунтовых вод. Дренирующее действие Волги распространяется на полосу шириной 30—40 км и на рассматриваемой территории значения не имеет.

По минерализации и химическому составу воды хвалынского водоносного горизонта отличаются значительной пестротой. Степень минерализации их изменяется от 0,4 до 80 г/л и более. Преимущественным распространением пользуются воды с сухим остатком 20—30 г/л хлоридно- и сульфатно-натриевого состава. Пресные и солоноватые воды залегают в виде линз среди более высокоминерализованных. Они представлены хлоридными, гидрокарбонатно-хлоридными, гидрокарбонатными, сульфатно-гидрокарбонатно-хлоридными, реже сульфатными водами. По катионному составу они чаще всего натриевые, кальциево-натриевые и реже кальциевые и магниевые. Дебит скважин и колодцев измеряется чаще всего в сотых и десятых долях литра в секунду, реже до 1—1,5 л/сек. Хвалынский водоносный горизонт имеет наибольшее практическое значение и эксплуатируется многочисленными шахтными колодцами.

Новокаспийский водоносный горизонт приурочен к отложениям соров, соленых озер, лиманов. Водоносными породами являются суглинки с прослоями иловатых песков, характеризующиеся незначительной мощностью и водообильностью. Водообильность этих пород колеблется в пределах 0,001—0,05 л/сек. Воды горизонта сильно минерализованы и соответствуют группе рассолов. Глубины залегания зеркала незначительны и находятся в пределах первых двух метров.

В соответствии с методикой в предполетный период, помимо знакомства с фондовыми и печатными работами, изучались материалы аэрофотосъемки. Были получены уточненные фотосхемы масштаба 1:25 000 и 1:50 000, контактные отпечатки масштаба 1:17 000, репродукции накидного монтажа в масштабе 1:100 000. Материалы эти были изготовлены с панхроматической пленки залета 1955 г., имели хорошее качество и вполне могли служить основой для проведения картирования.

Просмотр фотосхем позволил ознакомиться с территорией исследований и наметить план работ: выбрать ключевые участки, наметить последовательность работ и маршруты аэровизуальных и наземных рекогносцировочных наблюдений. По репродукции накидного монтажа и уточненным фотосхемам масштаба 1:25 000 была составлена предварительная схема ландшафтного деления.

Задачи экспедиции носили чисто производственный характер, но в процессе их выполнения должны были проверяться и решаться теоретические вопросы. В связи с этим во время полевых работ производилась новая аэросъемка: вся площадь исследований была заснята в масштабе 1:25 000, а ключевые участки —

в масштабе 1 : 10 000, 1 : 5 000, 1 : 3 000. С аэрофильмов была изготовлена контактная печать, смонтированы фотосхемы и отпечатаны репродукции накидного монтажа.

Полевые работы начались с небольшого рекогносцировочного объезда, который позволил уточнить общее представление о районе, выработать у разных специалистов общий подход к методике, получить представление о весеннем облике территории, утвердить положение ключевых участков и комплексных опорных профилей.

Основные полевые исследования проводились на небольших ключевых участках, которые выбирались в пределах каждой местности. Количество их определялось степенью однородности строения. С увеличением сложности строения местности количество профилей увеличивалось с тем, чтобы были охарактеризованы все типы урочищ. Помимо основных профилей, всегда выбирались контрольные на однотипных участках. Основным методом полевого изучения являлся метод комплексного профилирования. На каждом намеченном участке проводилась нивелировка и по профилю давалось описание форм рельефа и растительности. В пределах различных морфологических единиц ландшафта, пересекаемых профилем, закладывались буровые скважины и почвенные шурфы.

Для бурения использовались передвижные буровые установки ударно-канатного типа (Д-25). Диаметр бурения 127 мм. Всего пробурено 171 скважина общей глубиной 1510 пог. м. Из скважин отобрано 157 проб воды на химический анализ, 15 проб воды взято из колодцев.

При химическом анализе воды определялись следующие компоненты:  $\text{HCO}_3'$ ,  $\text{SO}_4''$ ,  $\text{Cl}'$ ,  $\text{Ca}''$ ,  $\text{Mg}''$ ,  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$  (по разности), общая жесткость, физические свойства, сухой остаток. Для более детальной характеристики химизма использовались анализы более ранних экспедиций.

Основными объектами изучения явились первые от поверхности земли повокаспийский и хвалынский водоносные горизонты, для которых были составлены карты глубин залегания и общей минерализации. Градации глубины залегания и общей минерализации, принятые при картировании, были согласованы с заказчиком.

Во время работы на ключевых участках установлены следующие закономерные связи грунтовых вод с остальными компонентами ландшафта.

Наиболее ярко прослеживается связь грунтовых вод с рельефом. Это объясняется тем, что основным источником питания грунтовых вод являются атмосферные осадки, а распределение участков инфильтрации зависит главным образом от рельефа. Инфильтрация происходит в понижениях рельефа: западинах, падинах, лиманах, руслах временных водотоков и степных

блюдях. Под указанными понижениями рельефа происходит местное опреснение грунтовых вод или даже образование линз пресных грунтовых вод. Размеры инфильтрации, а следовательно, и размеры ежегодного пополнения водоносного горизонта пресной водой зависят от площади водосбора, размеров и глубины вреза понижения рельефа, количества выпадающих атмосферных осадков, водоудерживающей способности почвенного покрова, растительного покрова и других факторов. Под водораздельными поверхностями инфильтрации не происходит.

Как правило, под понижениями рельефа образуются купола зеркала грунтовых вод и происходит уменьшение степени минерализации. Исключениями из этого общего правила являются солончаковые впадины, под которыми степень минерализации грунтовых вод превышает концентрацию рассолов.

Так как рельеф является хотя и определяющим, но не единственным фактором возможных изменений гидрогеологических условий под теми или иными участками территории, необходимо использовать другие поисковые критерии.

Например, наблюдается довольно тесная связь растительности с гидрогеологическими условиями. На водораздельных поверхностях, где не происходит инфильтрации атмосферных осадков и где развиты высокоминерализованные грунтовые воды, распространены разнотравно-белопопынно-чернопопынные группировки, не связанные с грунтовыми водами. В ориентированных ложбинах, лиманах чаще всего произрастают густые пырейники, которые свидетельствуют о значительном поверхностном увлажнении, а следовательно, и о некотором опреснении грунтовых вод. В тех случаях, когда в понижениях рельефа наряду с другими растительными видами появляются растения-фреатофиты, можно с уверенностью говорить о наличии здесь постоянной линзы пресных грунтовых вод. По ним можно также судить и о размерах линзы. Если произрастает большое количество фреатофитов и растения развиты хорошо, то степень минерализации вод здесь невысокая, а площадные размеры линзы можно определить по площади, занятой фреатофитами.

Наиболее яркими растениями-фреатофитами на данной территории являются солодка гладкая и полынь лечебная. Западины, в растительном покрове которых значительное участие принимают солодка гладкая и полынь лечебная, являются надежным индикатором линз пресных вод. Эти западины легко дешифрируются даже на аэрофотоснимках масштаба 1 : 25 000.

Одним из интересных, но очень редко встречающихся на данной территории растительных индикаторов является тамариск. Он встречен на северо-западе района на такырах. Тамариск указывает на сульфатное засоление грунтовых вод. То обстоятельство, что он встречается редкими и угнетенными экземпля-

рами, свидетельствует о том, что степень минерализации грунтовых вод высокая.

Близко залегающие высокоминерализованные грунтовые воды индцируются растениями-галофитами: солянками, шведками и пр.

Тесная связь наблюдается также и в распределении почвенных разновидностей в зависимости от свойств грунтовых вод. На водораздельных пространствах, где развиты высокоминерализованные грунтовые воды, почвообразовательные процессы проходят вне связи с последними. Здесь развиты, в основном, разнообразные комплексы и сочетания, состоящие из солонцов корковых, средних, глубоких и светло-каштановых почв степных блюдеч. Чем большим процентным содержанием в комплексе пользуются солонцы, тем более высокоминерализованные грунтовые воды развиты под такими участками (минерализация вод достигает 40 г/л).

В понижениях рельефа (западинах, руслах временных водотоков), к которым приурочены линзы пресных вод, распространены лугово-лиманские хорошо промытые почвы. Связь почв с гидрогеологическими условиями освещена в статье В. В. Кузнецова (1967).

Почвообразующие породы, их литология, водно-физические свойства во многом определяют гидрогеологические условия. На участках, сложенных средними и тяжелыми суглинками, обладающими низкими коэффициентами фильтрации, условия для инфильтрации поверхностных вод неблагоприятные. Здесь развиты высокоминерализованные грунтовые воды. Несколько лучшими фильтрационными свойствами обладают развитые в восточной части территории лёссовидные суглинки. Здесь под западинами просадочного происхождения образуются линзы пресных вод. Но наилучшими фильтрационными свойствами обладают супеси и пески. Участки, сложенные этими породами, содержат сильно опресненные (от 7 до 10 и даже от 3 до 5 г/л) воды. Несколько таких участков расположено на юго-западе и юго-востоке территории.

Данные опорных профилей позволили дать характеристику всего набора морфологических ландшафтных единиц.

В пределах территории исследований было выделено четыре местности, резко отличающихся по морфологическому строению, по характеру слагающих их урочищ, а следовательно, и по фотозображению.

Первый тип местности — плоская равнина на лёссовидных суглинках с многочисленными просадочными западинами (рис. 49).

По фотозображению местность отличается однородным макрорисуном: фон создает мелкий губчатый рисунок серых тонов, по которому довольно равномерно распределены небольшие,

овальные округлые или неправильной формы пятна темного тона, окруженные светло-серой каймой (49 а).

Это плоская равнина, абсолютные высоты которой достигают 8,3—10,6 м. Сложена равнина делювиальными верхнехва-

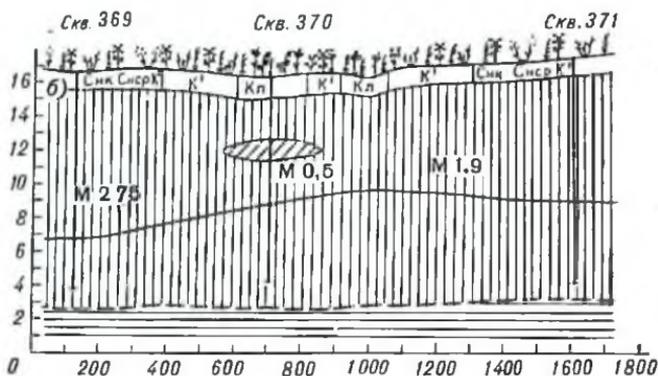


Рис. 49. Плоская равнина с просадочными западинами на лёссовидных суглинках.

а — фотозображение местности; 1 — равнина с комплексным почвенно-растительным покровом; 2 — просадочные западины; б — комплексный профиль.

лыскими лёссовидными суглинками, легкими и средними, которые на глубине 15—20 м подстилаются морскими нижнехвалыскими глинами шоколадного цвета с частыми тонкими прослойками тонкозернистого бурого песка. Поверхность равнины осложнена просадочными западинами.

Морфологически местность устроена относительно просто и состоит из двух типов урочищ.

Первый тип урочищ — выровненная плакорная часть равнины, характеризующаяся ячеистым рисунком на аэроснимках. Это доминантное урочище, создающее фон всей местности. Оно характеризуется сложным комплексным почвенным и растительным покровом и состоит из комплекса звеньев: а) фрагментов чернополюнных сообществ на солонцах солончаковатых (участки фотонизображения с точечным рисунком) по микроповышениям рельефа, поверхность их осложнена постройками землероев — сусликовинами; б) фрагментов белополынных на остепняющихся солонцах по микроплакорам (равномерный светло-серый тон фотонизображения); в) фрагментов типчаково-ромашниковых и пустынножитняково-ромашниковых сообществ на солонцеватых или выщелоченных светло-каштановых почвах по окраинам степных блюдц (серый, довольно равномерный тон на аэроснимках); г) фрагментов разнотравно-типчаково-ковыльных и разнотравно-ковыльных сообществ на лугово-каштановых почвах по днищам степных блюдц.

Второй тип урочищ — западины. Они являются характерными урочищами местности и состоят из двух хорошо выраженных фаций: а) днищ западин с пырейно-типчаковой ассоциацией, часто с солодкой гладкой на лугово-каштановых почвах (темные пятна на аэроснимке); б) склонов западин с ромашково-белополынно-типчаковой ассоциацией на светло-каштановых солонцеватых почвах или полынно-ромашниково-житняковой ассоциацией на светло-каштановых солонцеватых почвах (светло-серый тон однородного характера на аэроснимке).

Западины имеют близкую к изометрической форму, плоское дно и пологие склоны; общий врез их достигает 0,5—1,5 м.

Комплексный опорный профиль (рис. 49 б, стр. 168), который пересекает плакорную часть и западины, отражает основные закономерности взаимосвязи компонентов ландшафта в пределах этой местности.

Геологический разрез таков. С поверхности и до глубины 15—20 м залегают суглинки желто-бурого цвета, лёссовидные, с линзовидными прослоями мелкозернистого глинистого песка и с прослоями (мощностью до 1,5 м) супеси. По механическому составу встречаются суглинки от тяжелых до легких, причем тяжелые суглинки характерны для почвенного слоя. Ниже залегают средние и легкие суглинки. Характерно обилие солей в суглинках: гнезда гипса, распределенные по всей толще разреза, обильные скопления солей — гипса и карбонатов — чаще всего встречаются в интервале 2—3 м. В толще лёссовидных суглинков нередки обломки раковин. Указанные суглинки являются водонесущими породами первого от поверхности земли водоносного горизонта. Водоупорными породами здесь являются: глины

шоколадного цвета, плотные, жирные, с тонкими частыми прослойками тонкозернистого песка бурого цвета, в результате чего толща глин имеет тонкослоистый характер. Для них характерны крупные пятна и гнезда ожелезнения; частые, а иногда и обильные включения гипса.

Желто-бурые лёссовидные суглинки и глины шоколадного цвета являются морскими отложениями хвалынского яруса. Ниже их залегают глины и суглинки серого, стальено-серого и зеленовато-серого цвета хазарского яруса.

Первый от поверхности земли водоносный горизонт залегает на глубине 8—11 м и имеет свободное зеркало. Характерно, что рельеф зеркала водоносного горизонта обратен рельефу поверхности земли, т. е. понижения рельефа поверхности земли соответствуют повышенные участки зеркала — куполы, повышенным, водораздельным, участкам поверхности земли соответствуют понижения зеркала. Мощность водоносного горизонта равна 8—12 м. В силу чрезвычайно малых уклонов кровли водоупорного горизонта движение воды очень мало. Наблюдается также закономерная связь между рельефом, характером распределения почвенного и растительного покрова и распределением грунтовых вод по степени и характеру засоления.

Так, повышенным, водораздельным, участкам рельефа с развитыми на них комплексами средних и корковых солонцов с белопольными и чернопольными растительными ассоциациями соответствуют грунтовые воды повышенной минерализации (рис. 49, скв. 369) и чаще всего сульфатного типа засоления. Понижения рельефа — западинам — с распространенными на них лугово-каштановыми почвами и житняково-пырейной с солодкой гладкой растительностью соответствуют пресные грунтовые воды (от 0,3 до 3 г/л), чаще гидрокарбонатного типа засоления.

Гидрогеологические условия, соответствующие водораздельной поверхности с развитыми на ней комплексными почвами и растительностью, наиболее ярко отражает скв. 369. Она заложена на водораздельной поверхности, на солонцах корковых. Растительный покров здесь представлен чернопольниками. Глубина залегания воды в скважинах около 11 м, общая минерализация 27,5 г/л. Скважина 371 расположена в непосредственной близости к склону западины, и данные по ней характеризуют гидрогеологические условия пониженных окраин (западных) участков местности. Гидрогеологические условия местности, соответствующие понижениям рельефа — западинам, отражает скв. 370. Она показывает, что под западинами развита линза пресных вод. Вершина купола расположена под соседней более крупной западиной.

Профиль, представленный на рис. 50, может служить контрольным. На нем проявляются те же закономерности. Несколько

проверочных точек дают право сделать окончательное заключение. На всей территории местности, характеризующейся подобным типом фотонизображения, грунтовые воды имеют сплошное распространение. Рельеф зеркала грунтовых вод обратен рельефу поверхности земли. Водовмещающими породами водоносного горизонта являются желто-бурые лёссовидные суглинки, чаще всего средние по механическому составу. Водупором водоносного горизонта являются глины шоколадного цвета, кровля которых находится в среднем на глубине 18—20 м. Средняя мощность водоносного горизонта 9—15 м.

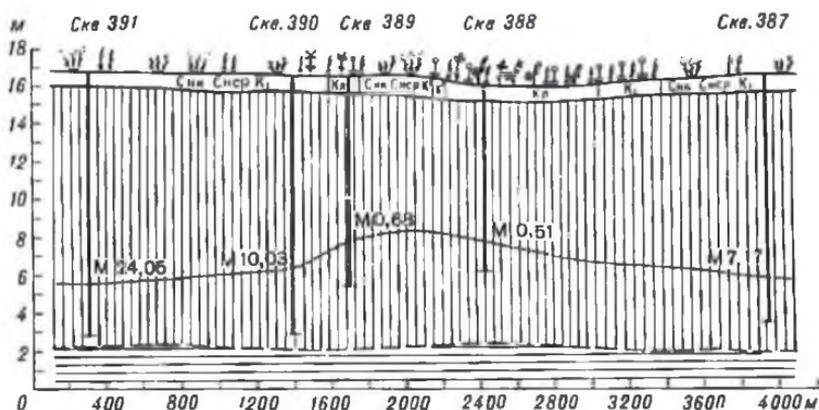


Рис. 50. Контрольный комплексный профиль.

Для всей территории характерна так называемая пятнистая минерализация грунтовых вод: на общем фоне соленых (20—30 г/л) грунтовых вод расположены линзы пресных вод (0,3—3 г/л). Фоновые по минерализации и глубине залегания грунтовые воды соответствуют возвышенным, водораздельным, участкам поверхности земли с характерными для них почвенными и растительными комплексами. Линзы пресных вод расположены непосредственно под понижениями рельефа — западинами.

Размеры и качество линз находятся в тесной зависимости от размеров и глубины западин и от площади водосборной поверхности. Чем крупнее размеры западины, чем она глубже и чем больше ее водосборная поверхность, тем крупнее линза пресных вод, тем больше ее запасы и меньше степень минерализации. Две или несколько близко расположенных западин являются причиной образования линзы пресных вод более крупных размеров. Купол линзы, образованный двумя или несколькими западинами, располагается под наиболее крупной и глубокой из них. Общая минерализация воды увеличивается от центра к периферии линзы.

Второй тип местности — пологоволнистая равнина с ориентированными ложбинами. По фотозображению местность характеризуется ячеистым фоновым рисунком, по которому идут длинные темные полосы различной ширины. Они расположены то совершенно параллельно друг другу, то прерываются, ветвятся и приобретают дендронидный характер и, как правило, имеют ориентировку с северо-запада на юго-восток. По характеру вытянутых полос район может быть подразделен на подтипы местности: а) с узкими хорошо выраженными полосами, б) с широкими короткими полосами очень темного тона, в) с полосами средней ширины довольно светлого серого тона, г) с параллельными полосами, пересеченными крупными петлями серого тона.

Местность представляет собой пологоволнистую равнину, пересеченную ориентированными ложбинами различной ширины. Она сложена делювиальными верхнехвалынскими средними и тяжелыми суглинками бурого цвета и на глубине 3—5 м подстилается морскими нижнехвалынскими глинами шоколадного цвета, сильно засоленными, тонкослоистыми. Превышения водораздельной поверхности над днищами ложбин достигает 1—2 (4) м.

Морфологическое строение местности в ландшафтном отношении несколько сложнее предыдущей. Основными урочищами являются плакорные и ложбинные; последние имеют несколько разновидностей.

Первый тип урочищ — плакорная водораздельная часть. На аэроснимке он имеет ячеистый рисунок (рис. 51). Это доминантное урочище. Оно характеризуется непромывным режимом, носит комплексный характер и состоит из нескольких звеньев: а) фрагментов чернополюнных сообществ на солонцах корковых по микроповышениям рельефа (зернистый рисунок на аэроснимке); б) фрагментов белополюнных сообществ на солонцах средних по выровненным участкам рельефа (серый тон гомогенного характера); в) фрагментов ромашниково-полюнково-типчачковых сообществ на светло-каштановых солонцеватых почвах по степным «блюдцам» (темно-серый тон гомогенного характера).

Второй тип урочищ — ориентированные ложбины, выражающиеся на аэроснимках темными полосами, — характерные урочища местности. Их несколько вариаций, но все они имеют одинаковое в общих чертах строение и состоят из трех фаций: а) днищ ложбин (темный тон) с полынно-типчачковыми сообществами на светло-каштановых солонцеватых почвах; б) пониженных участков днищ ложбин с пырейно-типчачковыми и пырейно-типчачково-солодковыми сообществами на лугово-каштановых почвах; в) склонов ложбин с полынно-типчачковыми сообществами на светло-каштановых солонцеватых почвах.

Третий тип урочищ — плоскodonные ложбины петлеобразной в плане формы (рис. 52). Это остатки древнего меандрирую-

щего русла. Урочища играют роль сопровождающих. В строении урочищ принимают участие две фации: а) днища ложбин с разнотравно-пырейными сообществами на лугово-лиманых

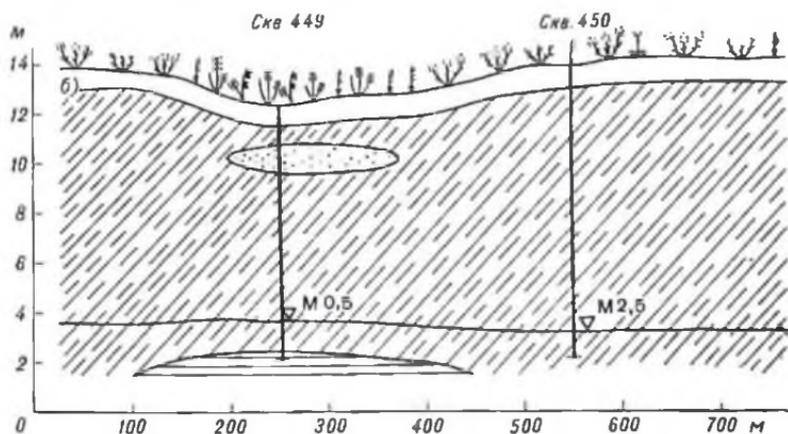


Рис. 51. Пологоволнистая равнина с узкими ветвящимися ложбинками.  
а — фотоизображение местности, б — комплексный профиль

осолоделых почвах; б) склоны ложбин с полынно-типчаковыми сообществами на светло-каштановых солонцеватых почвах.

Четвертый тип урочищ — просадочные западины. Урочища, являющиеся для данной местности сопровождающими, но характерными для разобранный выше типа местности, где они и были рассмотрены.

Пятый тип урочищ — солопчакковые понижения. На аэро-  
снимке изображаются совершенно светлым тоном и имеют



Рис. 52. Пологоволнистая равнина с меандрами древнего русла.  
1 — равнина с комплексным почвенно-растительным покровом, 2 — меандр.

обычно крупные размеры. Состоят из трех фаций: а) пониженных участков днщ, лишенных растительности, с выцветами солей на поверхности; б) повышенных участков солопчакков с ред-

кими галофитами; в) пологих слабовыраженных склонов с разреженной растительностью из галофитов и сорных видов.

Комплексные опорные профили характеризуют доминантные и характерные урочища.

Профиль 35 (рис. 53 б) пересекает широкую плоскодонную ложбину. Бурение на водораздельной части (скв. 495) показывает, что грунтовые воды здесь высокой минерализации (63,1 г/л) и лежат на глубине 7 м, тогда как под днищем западины грунтовые воды значительно опреснены (минерализация 13,4 г/л). Сравнение с весенними данными показывает, что здесь весной образуется верховодка, которая с наступлением лета быстро расходуется на транспирацию и испарение.

Профиль 46 (рис. 51 б) проведен через узкую ложбину. Скважина 449, расположенная на дне ложины, дала пресную воду, а скважина, приуроченная к слабовыраженному ответвлению ложбины, — воду с минерализацией 2,5 г/л.

В пределах местности были заложены небольшие профили и через редкие урочища. На основании изучения профилей были установлены общие гидрогеологические закономерности для исследуемой местности.

Под плакорными доминантными урочищами с комплексным почвенно-растительным покровом развиты зональные грунтовые воды, залегающие в суглинках и песчаных прослойках, на водопоре из глин шоколадного цвета. Глубина залегания грунтовых вод 7—9 м. Минерализация высокая — до 40—70 г/л. Тип засоления — сульфатно-натриевый, реже хлоридно-натриевый. Водоносный горизонт практически не дренирован.

Ложбины являются очагами инфильтрации талых вод, и под ними образуется верховодка с общей минерализацией 0,5—5 г/л на глубине 4—6 м от поверхности земли. Минерализация гидрокарбонатно-натриевого, реже гидрокарбонатно-кальциевого типа.

Солончаковые понижения имеют выпотной режим. Они являются местными дренами. Грунтовые воды под ними характеризуются высокой (70—80 г/л и более) минерализацией хлоридно-натриевого типа. Зеркало грунтовых вод располагается близко к поверхности земли (0—0,8 м), положение его зависит от времени года.

Под просадочными западинами промывного режима, которые являются местными водосборами, воды опресненные, с общей минерализацией 1—5 г/л.

Третий тип местности — плоская равнина с немногочисленными крупными лиманами (рис. 54).

Фотозображение местности характеризуется губчатым рисунком, на фоне которого редко разбросаны крупные овалы или округлые пятна серого тона гомогенного характера. Размеры пятен на фотосхемах масштаба 1 : 25 000 достигают 5—15 см

в поперечнике, а отдельные 50 см. Все они окружены каймой с частым радиально-полосчатым рисунком.

Местность представляет собой плоскую равнину на делювиальных верхнехвалынских средних и тяжелых суглинках бурого цвета, подстилаемых морскими нижнехвалынскими глинами шоколадного цвета. Равнина осложнена единичными крупными лиманами — плоскодонными понижениями овальной или округлой в плане формы.

Морфологическое строение местности относительно простое; основное распространение имеет три типа урочищ.

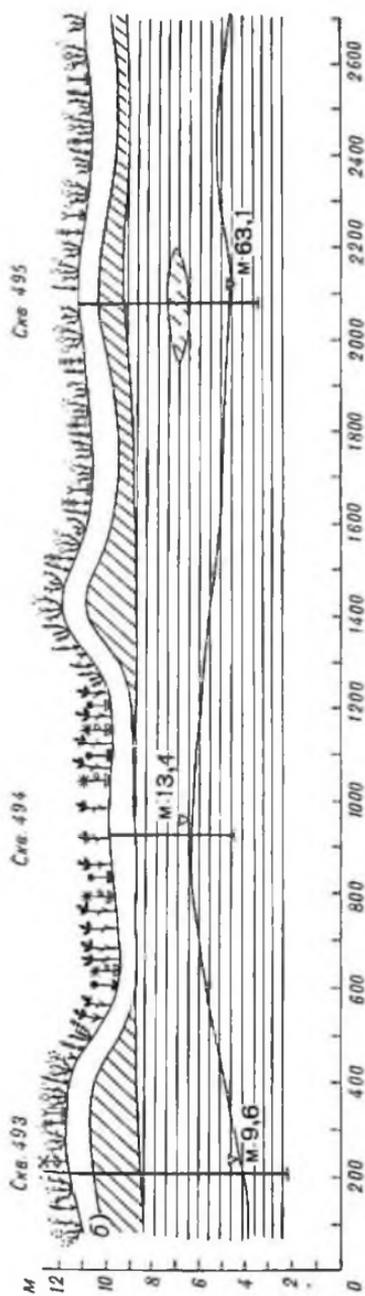
Первый тип урочищ — равнинная территория с комплексным почвенным и растительным покровом (губчатое изображение на аэроснимках).

Помимо доминантного урочища, распространение имеет еще два типа урочищ сопряженного характера — это урочища днищ и склонов лиманов.

Второй тип урочищ — днища лиманов — с почвами промывного ряда, мезофильной и ксеро-мезофильной растительностью. Урочища состоят из нескольких фаций: а) углубленных частей днищ с разнотравно-пырейной растительностью на лугово-лиманых солонцеватых почвах (равномерно окрашенные темно-серые участки на аэроснимках); б) выровненных центральных частей днищ с полынково-типчаковой растительностью на лугово-лиманых солонцеватых почвах (равномерно окрашенные серые

Рис. 53. Пологоволнистая равнина с широкими плоскодонными ложбинами.  
а — фотоизображение местности, б — комбинированный профиль.





участки на аэроснимках); в) окраинных частей днищ с белопольной растительностью на солонцах (довольно светлый серый тон на аэроснимках); г) лиманной комплексности по окраинным частям лиманов на корковых и средних солонцах (губчатый рисунок в пределах лимана); д) просадочных западин по окраине днищ лиманов с пырейно-бекманниевой растительностью на лугово-лиманных осолоделых почвах.

Третий тип урочищ — прилиманые склоны непромывного режима с двучленным почвенно-растительным покровом (струйчатый рисунок). Урочища состоят из нескольких фаций: а) звена белопольников на солонцах средних по ложбинам стока (участки светло-серого тона); б) звена чернопольников на солонцах корковых по межложбинным участкам (участки серого тона).

Закономерности во взаимосвязях компонентов ландшафта выявляются на профиле (рис. 54 б), который проведен от плакора до центра крупного лимана. Скважины показывают, что под почвенным слоем в лимане лежат тяжелые суглинки небольшой мощности (1—2 м), подстилаемые глинами шоколадного цвета. Грунтовые воды залегают на глубине 5—7 м и имеют минерализацию около 40 г/л (август). Сравнение с весенними данными показывает, что весной здесь образуется верховодка, которая летом полностью расходуется на транспирацию и испарение.

Пресные грунтовые воды образуются лишь под просадочными западинами по окраинам лиманов. Под просадочными западинами тяжелые суглинки мощностью 1—2 м сменяются лёссовидными

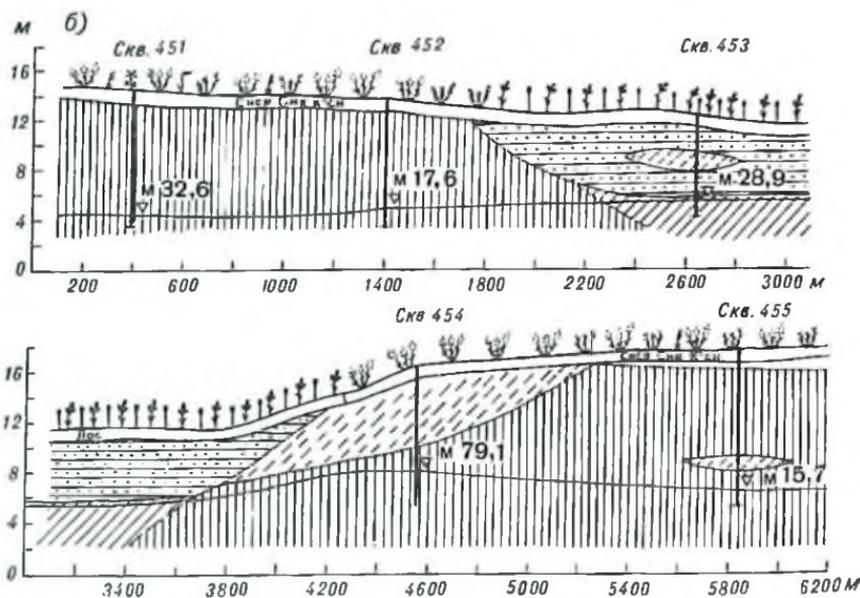


Рис. 54. Плоская равнина с немногочисленными крупными лиманами.

а — фотозображение местности, б — комплексный профиль.

суглинками, которые на глубине 4—6 м от поверхности сменяются глинами шоколадного цвета. К просадочным западинам приурочены линзы пресных (0,5 г/л) грунтовых вод гидрокарбонатно-кальциевого типа засоления.

Сравнение с контрольными профилями позволяет сделать вывод о том, что местность характеризуется наличием зональных грунтовых вод высокой минерализации, которые на равнинных участках лежат на глубине 10—11 м от поверхности земли и несколько ближе по понижениям рельефа (5—7 м). По крупным лиманам на фоне минерализованных грунтовых вод за счет инфильтрации талых и дождевых вод в весеннее время образуется верховодка, быстро расходуемая в летнее время. Небольшие линзы пресных грунтовых вод могут быть встречены под просадочными западинами.

Четвертый тип местности — плоская равнина, осложненная разнообразными формами рельефа, на делювиальных верхнехвалынских суглинках (рис. 55).

Фотоизображение местности отличается большой пестротой. На фоне мелкого ячестого рисунка беспорядочно разбросаны разнообразные по очертаниям, размерам и тону пятна. Одни из них характеризуются совершенно темным тоном недифференцированного характера, другие — светло-серым, почти белым тоном, третьи имеют вид овалов, вытянутых в широтном направлении, со сложным внутренним рисунком.

Изображающаяся таким образом местность представляет собой равнину, пониженную по отношению к другим типам местности на 2—7 м. Равнина осложнена многочисленными и разнообразными формами рельефа: озерными впадинами, солончакками, западинами, руслами временных водотоков. Сложена она темно-бурыми делювиальными верхнехвалынскими средними и тяжелыми суглинками, которые подстилаются нижнехвалынскими морскими глинами шоколадного цвета.

Морфологическое строение местности сложное; она состоит из целого ряда урочищ.

Первый тип урочищ — равнинные участки местности с комплексным почвенно-растительным покровом. Это доминантное урочище, имеющее большое сходство с доминантными урочищами описанных типов местности и отличающееся от них большим процентным содержанием в комплексах солонцов корковых солончакватых с галофитной растительностью.

Второй тип урочищ — древние озерные впадины, днища которых лежат на 2—5 м ниже равнинных участков. Характеризуются промывным режимом. Состоят из трех фаций: а) склонов с разреженным растительным покровом из однолетников на солонцах средних; б) участков днищ впадин с болотниково-пырейной растительностью на луговых солонцеватых почвах;

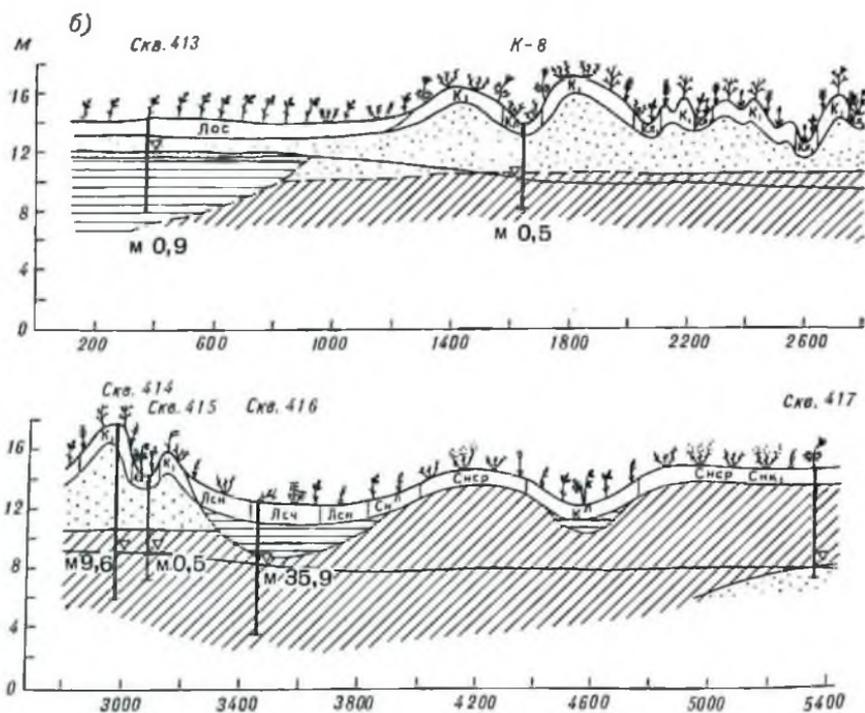


Рис. 55. Массив закрепленных бугристых песков.

а — фотолитография, б — комплексный профиль.

в) участков днищ с сообществами болотницы на луговых солончаковатых солонцах.

Третий тип урочищ — солончаки, характеризующиеся выпотным режимом и являющиеся местными дренами. Состоят из двух фаций: а) склонов с редкими солянками на солонцах солончаковатых; б) днищ солончаковых понижений с выцветами солей на поверхности.

Четвертый тип урочищ — массивы бугристых песков. Сложное характерное урочище с промывным режимом. Расчленение рельефа в пределах массивов достигает 6—10 м. Растительный покров песков образуют сообщества полыни белой с житняком сибирским, по межбугровым понижениям развиваются группы соловки гладкой.

Закономерности ландшафтных связей, наблюдающиеся в данной местности, могут быть проиллюстрированы профилями (рис. 55—57).

Профиль на рис. 55 б пересекает массив бугристых песков, который с поверхности и до глубины 7—8 м сложен светло-желтыми мелкозернистыми песками, ниже лежит светло-бурый средний суглинок с гнездами гипса. Воды под песчаным массивом опреснены до 10 г/л. Под межбугровыми понижениями распространены пресные грунтовые воды (0,5—1 г/л). Водовмещающими породами являются пески и суглинки, подстилаемые серыми глинами хазарского возраста.

Профиль на рис. 56 б характеризует солончаковые понижения (скв. 428). С поверхности солончак сложен тонкослойными глинами шоколадного цвета с частыми тонкими прослойками окисленного мелкозернистого песка. Грунтовые воды залегают в песчаных прослойках среди глин. Зеркало грунтовых вод в весеннее время подходит прямо к поверхности солончака, летом оно несколько опускается. Грунтовые воды характеризуются минерализацией выше 60 г/л хлоридно-натриевого типа засоления.

Профиль на рис. 57 б дает представление об озерных впадинах. В озерной впадине непосредственно под почвенным слоем залегают глины шоколадного цвета с тонкими частыми прослойками мелкозернистого бурого песка. Хвалынский водоносный горизонт приурочен к песчаным прослойкам среди глин. Вскрывается водоносный горизонт на глубине 1,5—2 м и имеет воды с минерализацией 50—70 г/л сульфатно-натриевого типа засоления. В весеннее время воды под озерной впадиной значительно опресняются и образующийся купол грунтовых вод оказывает подпорное влияние. В результате под периферийной частью озерной впадины грунтовые воды обладают очень высокой минерализацией (70—80 г/л).

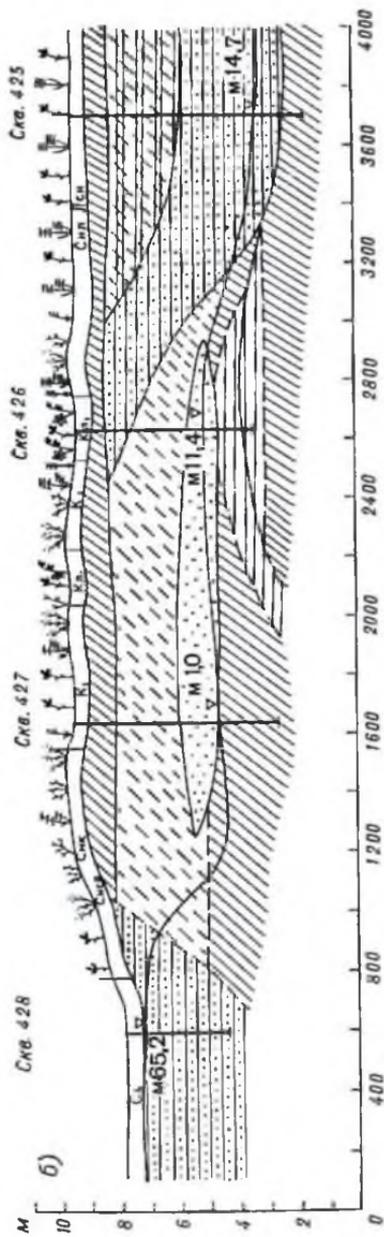
Для каждой местности на площади ключевых участков составлялись полевые гидрогеологические карты в масштабе

1 : 25 000. Составлялись они по аэроснимкам, на которых выделялись урочища и фации. Основой для выделения урочищ и фаций служил рисунок фотонизображения, местоположение скважин позволяло увязывать гидрогеологические данные с конкретным урочищем и выделять элементарные гидрогеологические контуры, т. е. по фотонизображению составлялись ландшафтные карты, которые на основании данных буровых скважин интерпретировались в гидрогеологические карты; ниже приведена одна из таких карт. На ней представлены два типа местности, резко отличающиеся по гидрогеологическим характеристикам (рис. 58). В некоторых случаях составлялись не ландшафтные, а почвенно-геоботанические карты, которые затем анализировались с учетом данных бурения и на основе анализа составлялись гидрогеологические карты (рис. 59).

На ключевых участках, помимо опробования и описания природных условий, проводилось изучение дешифровочных признаков отдельных морфологических единиц ландшафта и отбирались эталонные фотонизображения. Эти данные позволили уже в летний период камерально экстраполировать результаты ключевых участков на всю площадь исследования. Полевые карты ключевых участков после получения результатов химических анализов были уточнены, после чего они стали играть роль карт-врезок.



Рис. 56. Солончаковое понижение.  
а — фотонизображение, б — комплексный профиль



На основании данных о характере фотонизображения ландшафтных единиц с помощью аэрофотографических эталонов проведено ландшафтное дешифрирование уточненных фотосхем масштаба 1 : 25 000, а затем гидрогеологическая интерпретация выделяемых контуров. Такая работа последовательно проводилась на всех планшетах. Поскольку в качестве основы использовались уточненные фотосхемы, то в результате дешифрирования получались не схемы, а карты с достаточно точным отражением контуров. В связи с этим для получения карты масштаба 1 : 100 000 кальки дешифрирования фотосхем уменьшались фотопутем до нужного масштаба. Это же уменьшение можно было выполнить путем пантографирования.

Гидрогеологические карты составлялись на август. В это время года снижение уровня первого от поверхности земли водоносного горизонта и увеличение степени минерализации достигает наибольших размеров. Основными причинами, вызывающими такие изменения, являются усиленная транспирация растений в вегетационный период и внутригрунтовое испарение.

О размерах этих колебаний можно судить по данным стационаров, находящихся в аналогичных природных условиях. Например, по наблюдениям Джаныбекского стационара амплитуда колебаний уровней грунтовых вод под различными элементами рельефа с 2/VI по 20/X 1961 г. была следующей: под западинами

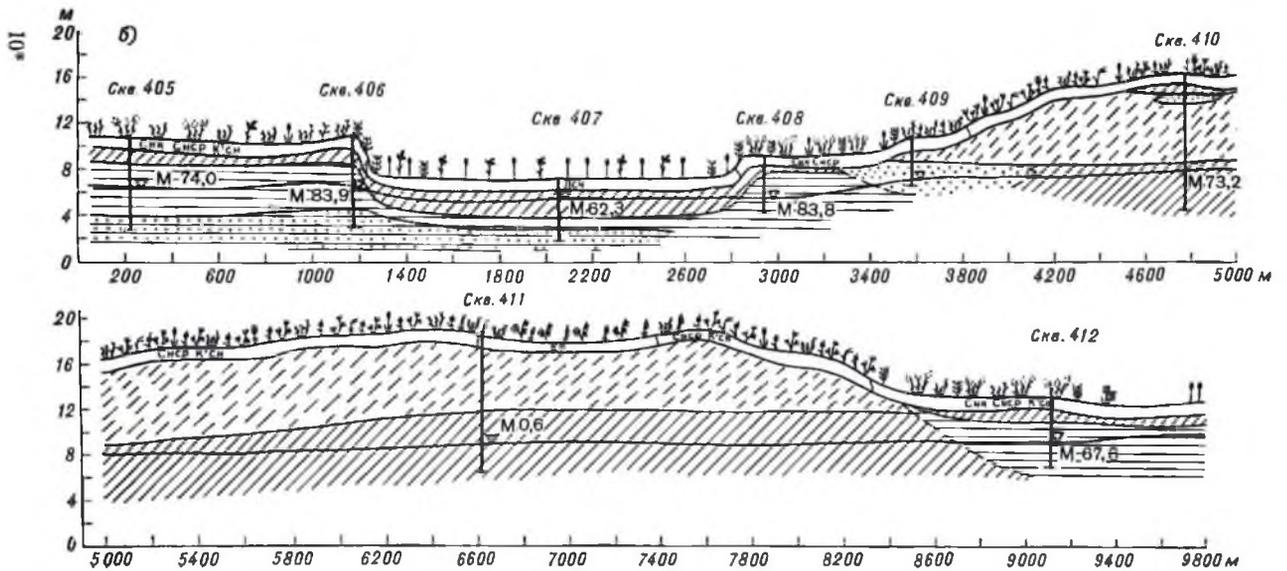
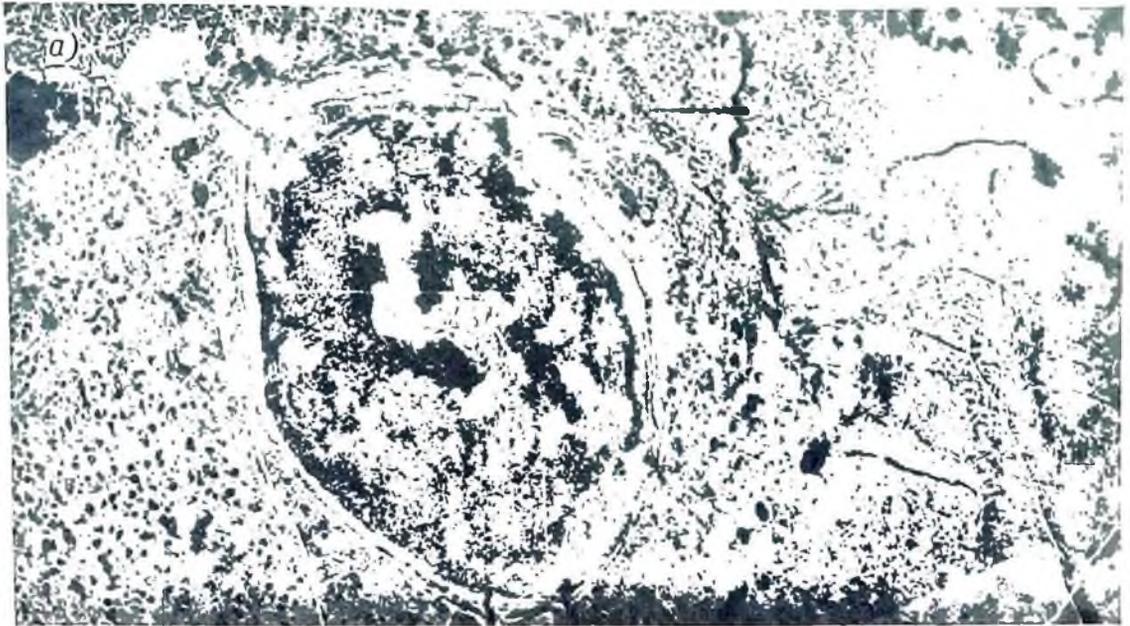


Рис. 57. Озерная впадина.

а — фотозображение, б — комплексный профиль.

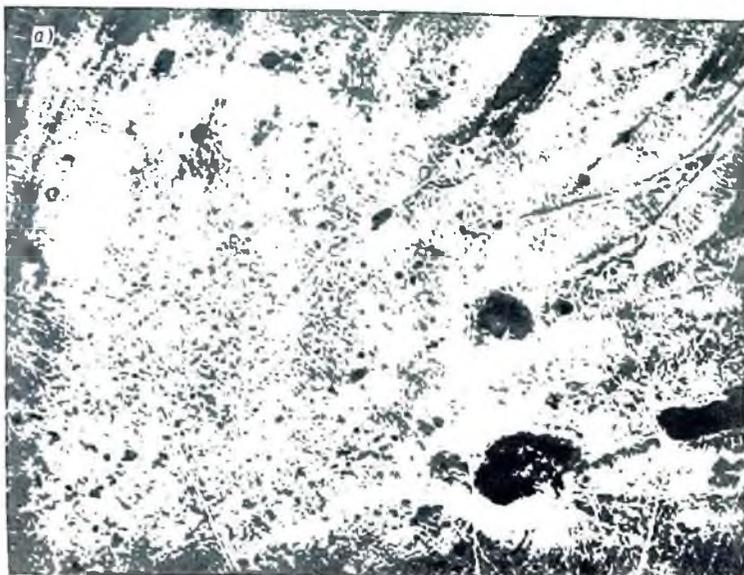
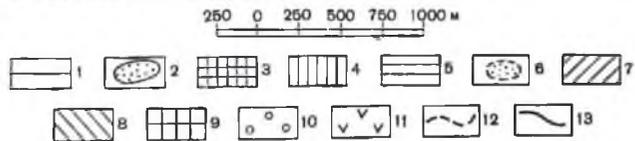
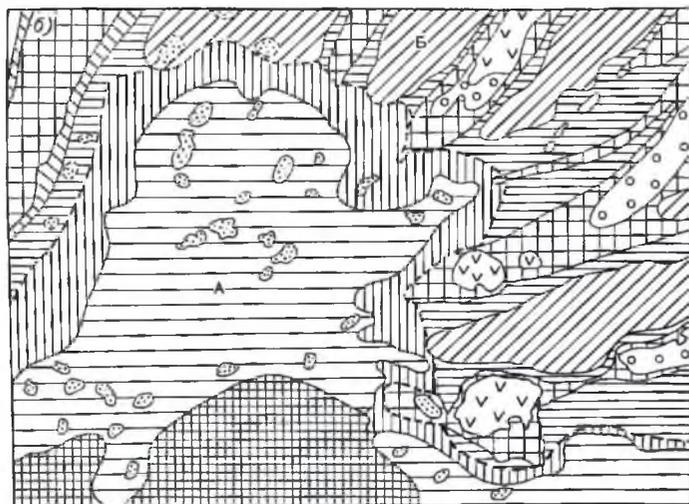


Рис. 58. Составление гидрогеологической карты на основе ландшафтной.

а — фотолитоизображение, б — ландшафтная карта.  
 А. Местность плоскоравнинная, слабодренированная с просадочными западинами и степными «блюдцами», на делювиальных верхнехвалыцких суглинках, легких и средних, лесовидных, подстилаемых нижнехвалыцкими морскими глинами шоколадного цвета. Абсолютные отметки поверхности 3–7 м. Состоит из ряда урочищ: 1 — плакорное, непромыслового режима, состоящее из комплекса зеньшев; а) фрагменты чернополиньных сообществ на солонцах корковых солончаковатых (40%), б) фрагменты прутьяковых и белопольных сообществ на солонцах средних солончаковатых (20%), в) фрагменты романишкано-типчакowych сообществ на светло-каштановых солонцеватых почвах степных «блюдцев» (20%); 2 — просадочная западина, промыслового режима, состоящая из двух фаций: а) динце западины с солодково-лаково-осоковыми сообществами на лугово-каштановых почвах, б) склоны западины с разнотравно-типчакowymi сообществами на светло-каштановых солонцеватых почвах; 3 — плакорное, непромыслового режима, состоящее из комплекса зеньшев: а) фрагменты чернополиньных сообществ на солонцах корковых солончаковатых (60%), б) фрагменты прутьяковых и белопольных сообществ на солонцах средних солончаковатых (20%), в) фрагменты полишково-романишкано-типчакowych сообществ на светло-каштановых почвах (20%); 4 — склоновое, слабоинклинальное, непромыслового режима, состоящее из комплекса зеньшев: а) фрагменты камфоросово-чернополиньных и прутьяково-чернополиньных сообществ на солонцах корковых солончаковатых, б) фрагменты остроцово-белопольных и чернополиньно-белопольных сообществ на солонцах средних солончаковатых.



Б. Тип местности — пологоволнистый, ориентированно-ложбинный на делювиальных верхнехвалыцких средних и тяжелых суглинках бурого цвета и морских нижнехвалыцких глинах шоколадного цвета. Абсолютные отметки поверхности 2,5–5 м. Состоит из ряда урочищ. 5 — плоских водоразделов, непромыслового режима, состоящее из сочетания простых урочищ и комплекса зеньшев: а) фрагменты чернополиньных сообществ на солонцах корковых солончаковатых (40%), б) разнотравно-типчакowych сообществ на светло-каштановых почвах степных «блюдцев» (20%); 6 — просадочных западин промыслового режима, состоящее из двух фаций: а) динце западины с солодково-лаково-осоковыми сообществами на лугово-каштановых почвах, б) склоны западины с разнотравно-типчакowymi сообществами на светло-каштановых почвах; 7 — склоновое, приложбинное, непромыслового режима, состоящее из комплекса зеньшев: а) фрагмент камфоросово-чернополиньных и прутьяково-чернополиньных сообществ на корковых солонцах солончаковатых (70%), б) фрагмент остроцово-белопольных и чернополиньно-белопольных сообществ на солонцах средних солончаковатых (30%). Урочище ориентированных плоских ложбин с пологими плавными склонами, резко выраженными неровностями, промыслового режима, состоит из четырех фаций: 8 — склоны ложбин с пырейно-осоковыми и полишковыми сообществами на лугово-лиманых солонцеватых почвах, 9 — динца ложбин с полишково-осоковыми и клеювико-выми мозаичными сообществами на лугово-лиманых солонцеватых почвах, 10 — пониженные участки динца ложбин с разнотравно-пырейными сообществами на лугово-лиманых карбонатных почвах, 11 — наиболее пониженные участки динца ложбин с пырейно-осоково-лебедево-полиньными и пырейно-осоково-трусничковыми сообществами на лугово-лиманых глееватых почвах, 12 — границы местностей, 13 — границы отдельных урочищ.

Ландшафтная карта составлена К. Е. Нефедовым, Е. Н. Кудрявцевой и Н. Н. Семеновой.

0,14—0,17 м, под микроповышениями 0,12—0,22 м, под микро-  
склонами 0,11—0,27 м, под падиной 0,12—0,32 м. Минерализа-  
ция с мая по август увеличилась под микроповышениями на  
3,3 г/л; под западинами с мая по июль — на 3,1 г/л.

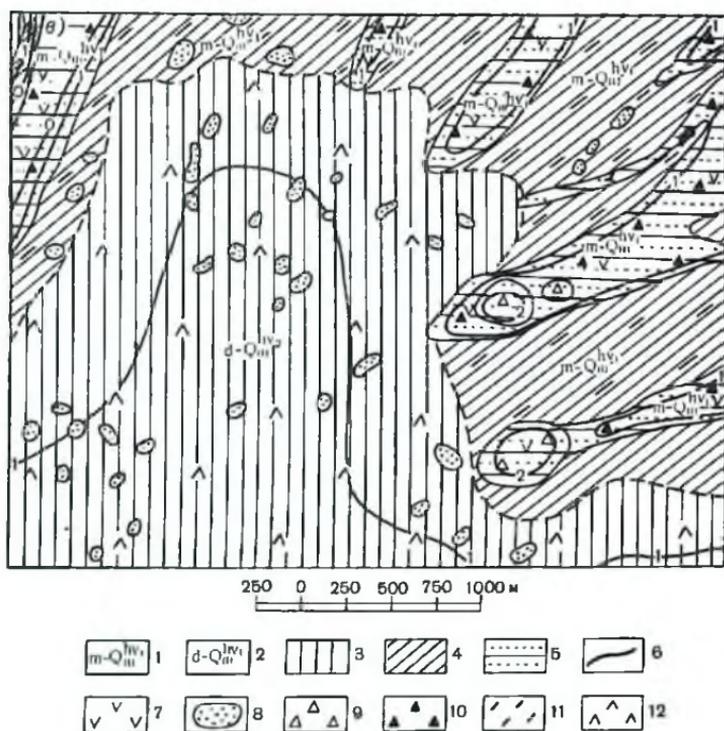


Рис. 58. Составление гидрогеологической карты на основе ландшафтной.

$\theta$  — карта грунтовых вод.

1 — морские нижнехвалынские отложения; 2 — делювиальные верхнехвалынские отложения; 3 — суглинок желто-бурый легкий, лёссовидный; 4 — суглинок бурого цвета, средний; 5 — глина шоколадного цвета с мало-мощными прослойками тонкозернистого бурого песка; 6 — гидронизогинис; 7 — участки развития верховодки. Общая минерализация: 8 — 1—3 г/л; 9 — 3—5 г/л; 10 — 10—20 г/л; 11 — 20—30 г/л; 12 — 30—50 г/л.

По данным Богатыревского наблюдательного участка, амплитуда колебаний уровня грунтовых вод в скважинах, расположенных в лимане, в 1952 г. составляла 3,69—4,22 м.

Оба наблюдательных участка расположены в аналогичных по физико-географическим данным условиях и могут быть в какой-то степени сопоставлены исследуемой территорией.

На основе рассмотренной выше методики на всю территорию работ площадью 4000 км<sup>2</sup> были составлены карты грунтовых вод. Для карты глубин залегания были приняты следующие

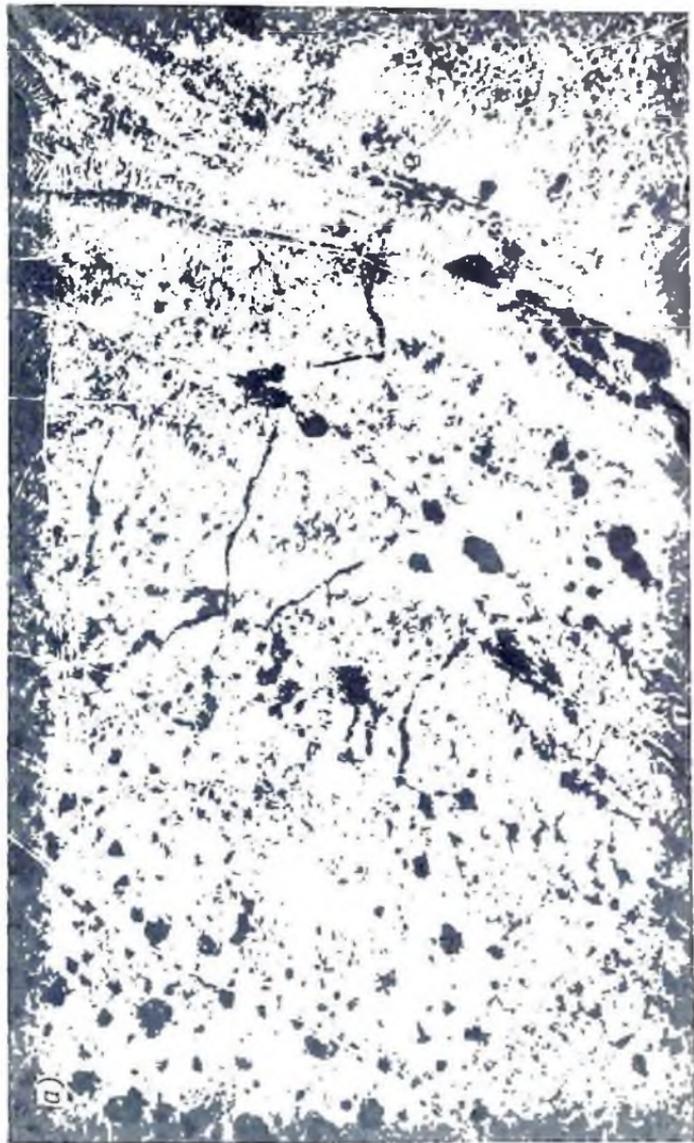


Рис. 59. Составление гидрогеологической карты на основе почвенно-геоботанической.  
а — фотоизображение

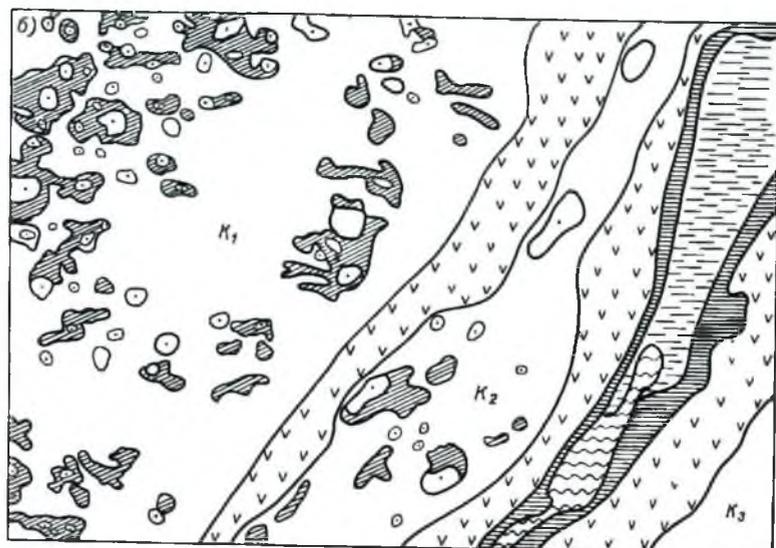
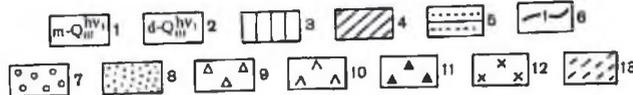
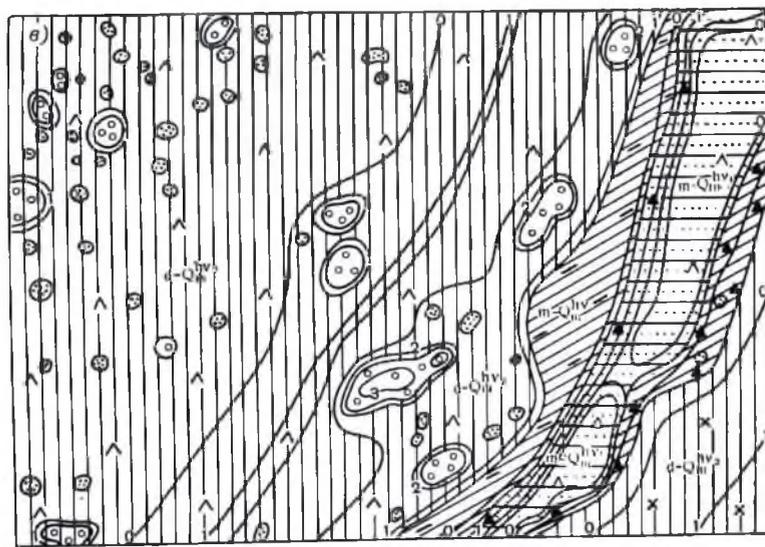


Рис. 59.

б — почвенно-геоботаническая карта<sup>1</sup>.  
 1 — комплексность: а) чернополиньки на солонцах корковых солончаковатых (10%); б) прутьяковые и белополиньные сообщества на солонцах средних солончаковатых (20%), в) солодково-слаково-осоковые сообщества на лугово-каштановых почвах (20%), г) разнотравно-типчаковые сообщества на светло-каштановых почвах (20%); 2 — комплексность: а) чернополиньки на солонцах корковых солончаковатых (60%), б) прутьяковые и белополиньные сообщества на солонцах средних солончаковатых (20%), в) полянково-ромашинково-типчаковые сообщества на светло-каштановых почвах (20%); 3 — комплексность: а) чернополиньки на солонцах корковых солончаковатых, б) белополиньные и прутьяковые сообщества на солонцах средних солончаковатых (40%), в) разнотравно-типчаковые сообщества на светло-каштановых почвах (20%); 4 — склоновая комплексность: а) камфоросоново-чернополиньные и прутьяково-чернополиньные сообщества на корковых солонцах солончаковатых, б) остроново-белополиньные и чернополиньно-белополиньные сообщества на солонцах средних солончаковатых; 5 — пырейно-полянковые сообщества на лугово-лиманских солонцеватых почвах, 6 — солодково-слаково-осоковые сообщества на лугово-каштановых почвах; 7 — разнотравно-пырейные сообщества на лугово-лиманских карбонатных почвах; 8 — пырейно-осоково-лещинополиньные сообщества на лугово-лиманских глееватых почвах; 9 — полянково-осоковые и клоповинковые молячные сообщества на лугово-лиманских солонцеватых почвах.

<sup>1</sup> Составлена Е. Н. Кудрявцевой и Н. Н. Семеновой.



а — карта грунтовых вод.

1 — морские нижнекавалыские отложения, 2 — делювиальные верхнекавалыские отложения; 3 — суглинки желто-бурые легкие, лесовидные, 4 — суглинки бурого цвета, средние; 5 — глина шоколадного цвета с прослойками тонкозернистого бурого песка, 6 — гидронизиссы. Общдая минерализация: 7 — до 1 г/л; 8 — 1-3 г/л; 9 — 3-5 г/л; 10 — 10-20 г/л; 11 — 20-30 г/л; 12 — 30-50 г/л; 13 — свыше 50 г/л.

интервалы глубин (в метрах): 1) от 0 до 1; 2) от 1 до 3; 3) от 3 до 5; 4) от 5 до 7; 5) от 7 до 10; 6) от 10 до 15.

На карте выделено два района с двойной характеристикой глубин залегания. Выделение этих районов диктуется специфической распределением грунтовых вод по глубине залегания. В геоморфологическом отношении указанные районы представляют собой выровненную поверхность, на общем фоне которой расположено большое количество ориентированных с северо-запада на юго-восток понижений — «лиманов» и западин. Размеры понижений разнообразны: ширина колеблется от нескольких десятков метров до 1 км и более, длина — от 50 м до нескольких километров. Также неодинаков их врез относительно окружающей равнины; он изменяется от нескольких десятков сантиметров до 5 м. Большинство понижений имеет длину, во много раз превышающую ширину. Количество понижений, изображающихся в масштабе карты, для указанных районов невелико.

Данные полевых наблюдений показали, что наибольшие глубины залегания уровня грунтовых вод отмечаются на водораздельных равнинных пространствах, наименьшие — в понижениях: лиманах, падинах, западинах. Это объясняется не только разницей отметок поверхности понижений и водоразделов, но и тем, что под понижениями образуются линзы опресненных вод, залегающих на более тяжелых высокоминерализованных водах. Общая площадь, которую занимают руслообразные вытянутые лиманы, западины и более мелкие понижения, составляет приблизительно 30—40% всей площади этих двух районов. Поэтому, если на карте глубин показать только те понижения, которые укладываются в данном масштабе, то действительная картина распределения грунтовых вод по глубине залегания в данных районах отражена не будет. Это первое соображение, которое послужило основанием для выделения рассматриваемых районов. И второе: при почвенно-мелиоративных исследованиях важно знать места образования верховодки. Линзы верховодки образуются здесь как раз под понижениями рельефа. А так как последние распределены равномерно по площади и составляют значительный ее процент, то они должны быть отражены на карте.

Рассмотренные районы расположены на севере и северо-западе исследуемой территории и занимают значительную ее часть. Из карты глубин залегания первого от поверхности земли водоносного горизонта видно, что территория исследований представляет собой в основном бессточный район. Общее увеличение глубины залегания грунтовых вод происходит с северо-запада на юго-восток. Дреназирующее действие крупной реки сказывается только на самом севере района, где наблюдается некоторое увеличение глубин залегания грунтовых вод. На крайнем юге и востоке территории расположены довольно обширные по-

нижения, осуществляющие местный дренаж. Зона их влияния невелика и зависит от относительного вреза и литологии окружающих массивов. На юго-востоке территории она достигает нескольких километров.

Глубина залегания грунтовых вод для всей территории изменяется от 0,6 до 15 м. Наименьшие глубины залегания отмечаются под солончаковыми впадинами, наибольшие — под нерасчлененной равниной с просадочными западинами (восточная часть территории).

Глубина залегания грунтовых вод изменяется вслед за изменением глубины залегания кровли глины шоколадного цвета, которые служат первым и наиболее выдержанным по площади водоупорным слоем. Увеличение глубины залегания последних происходит в направлении с северо-запада на юго-восток. В этом же направлении увеличивается и глубина залегания хвалынского водоносного горизонта.

В общих чертах зеркало первого от поверхности земли водоносного горизонта повторяет рельеф. От днищ понижений (лиманов, западин и т. д.) глубина залегания зеркала постепенно увеличивается в сторону водораздельных, плакорных участков. Такая прямая зависимость характерна в основном для осенне-зимнего сезона (периода). Весной под лиманами, падьнами и западинами образуются купола зеркала грунтовых вод. Размеры куполов под понижениями рельефа зависят от площади местного водосбора, количества выпавших атмосферных осадков, глубины залегания грунтовых вод и водопроницаемости пород. Весной и в первой половине лета зеркало грунтовых вод имеет сложный характер: под всеми понижениями рельефа оно выпукло, а между понижениями вогнуто. Величина куполов больше под крупными лиманами, западинами, меньше — под микропонижениями и степными блюдцами. За время летнего периода значительная часть опресненных вод линз расходуется на транспирацию. Именно к участкам образования линз приурочены ассоциации растений с участием фреатофитов. В результате за вегетационный период неровности поверхности зеркала грунтовых вод значительно сглаживаются. На водораздельных поверхностях развита главным образом ксерофитная растительность, не связанная с грунтовыми водами.

Общая минерализация, как и глубина залегания, показывались на карте с площадной характеристикой распределения грунтовых вод. Интервалы значений сухого остатка приняты следующие (в г/л): 1) до 1; 2) от 1 до 3; 3) от 3 до 5; 4) от 5 до 7; 5) от 7 до 10; 6) от 10 до 20; 7) от 20 до 30; 8) от 30 до 50; 9) выше 50.

Площади распространения грунтовых вод с общей минерализацией, соответствующей каждому из выделенных интервалов, показаны на карте условными знаками.

В западной и северо-западной частях исследуемого района большим распространением пользуются параллельные ориентированные с северо-запада на юго-восток ложбины. Кроме них здесь распространены и более мелкие понижения рельефа — западины и степные блюдца. Все они являются местными очагами инфильтрации. Под ними образуются линзы пресных и опресненных грунтовых вод, залегающих на соленых. Большая часть таких линз в течение летнего периода почти целиком расходуется на транспирацию и внутригрунтовое испарение. При почвенно-мелнпоративных исследованиях знание мест образования линз пресных и слабоминерализованных вод имеет большое значение. Поэтому места образования таких линз показаны на карте, несмотря на то что многие из линз к августу прекратили свое существование. Места образования верховодки на карте показаны штриховкой.

Анализируя карту общей минерализации грунтовых вод, можно подметить некоторые закономерности в ее распределении по площади. На территории исследований распространены грунтовые воды с общей минерализацией, изменяющейся в пределах от 10 до 50 г/л. Такой интервал величин сухого остатка грунтовых вод является фоновым. На общем фоне грунтовых вод указанной минерализации редкими крупными участками и многочисленными мелкими пятнами залегают пресные, слабосоленоватые и соленоватые грунтовые воды. Два довольно обширных участка слабосоленоватых грунтовых вод расположены в юго-восточной части территории. Грунтовые воды здесь имеют общую минерализацию от 5 до 7 г/л. Образование этих опресненных участков грунтовых вод объясняется усиленным дренажем, который осуществляется в окружающие их крупные лиманы и в солончаковые впадины, и более легким механическим составом водовмещающих пород.

Линзы пресных грунтовых вод (сухой остаток до 1 г/л) распространены в основном в восточной половине исследуемой территории и приурочены к небольшим просадочным западинам.

Растительными индикаторами таких линз являются для данной территории главным образом солодка гладкая и полынь лечебная. Кроме того, линзы пресных вод приурочены к узким сухим руслам, по которым происходит сток талых вод весной. По мере приближения русел к местному базису эрозии и увеличения их ширины увеличивается и минерализация вод подрусовой линзы. Особенно наглядно это видно в северо-восточной части территории.

На северной, западной и южной окраинах рассматриваемой территории распространены участки высокоминерализованных грунтовых вод. Минерализация вод на этих участках достигает концентрации рассолов и выше (83,9 г/л). Воды с такой высо-

кой минерализацией приурочены большей частью к солончачковым понижениям.

Для обширных лиманов характерно развитие грунтовых вод с общей минерализацией в среднем 20—30 г/л. На фоне вод с такой засоленностью под указанными лиманами образуются мелкие линзы пресных вод. Они приурочены к местным углублениям в днищах лиманов.

По химическому составу грунтовые воды рассматриваемого района довольно разнообразны: хлоридные, сульфатно-хлоридные, гидрокарбонатные, сульфатные, гидрокарбонатно-сульфатные. Воды первых двух групп имеют широкое распространение. Это соленые и горько-соленые воды с сухим остатком от 10 до 50 г/л и более. В основном для этой категории характерны воды хлоридно-магниево-натриевого типа и хлоридно-кальциево-натриевого типа. На отдельных участках встречаются пресные воды с сухим остатком от 0,8 до 1,6 г/л, вполне пригодные для питья. Это чаще всего гидрокарбонатно-сульфатные и гидрокарбонатные воды, реже сульфатные. В зависимости от величины общей жесткости грунтовые воды, по классификации О. А. Алекина, относятся к группам умеренно жестких и очень жестких. Причем наиболее широким распространением пользуются воды жесткие (6—9 мг-экв/л) и очень жесткие (выше 9 мг-экв/л). Эти воды приурочены к водораздельным поверхностям и являются для данной территории фоновыми. Воды умеренной жесткости встречаются реже и приурочены к линзам пресных грунтовых вод, образующихся под небольшими просадочными западинами.

При составлении карт глубины залегания и общей минерализации были применены два варианта генерализации. На карте глубин залегания для изображения участков с частой сменой площадей с различными гидрогеологическими условиями использован способ показа сочетаний. Эти же участки на карте общей минерализации изображены иначе. Здесь по возможности были отражены все контуры, отличающиеся гидрогеологическими показателями.

Второй вариант представляется более удачным, так как в этом случае наглядно виден характер изменения общей минерализации по площади.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать некоторые выводы относительно мелiorации исследуемой территории.

С точки зрения мелiorативных мероприятий исследуемая территория представляет собой сложный район. Большая часть ее неблагоприятна в отношении дренажа — грунтовые воды высокой минерализации, водоносные породы засолены и сложены тяжелыми разновидностями. Почти вся западная половина территории характеризуется близким залеганием глины шоколадного цвета хвалынского яруса. Средняя глубина их залегания здесь

3—4 м (под понижениями рельефа — еще ближе). Такое близкое залегание водоупора может вызвать подъем уровня грунтовых вод выше критического положения. Общий фон минерализации грунтовых вод здесь 10—50 г/л, грунты также засолены. Поэтому весь указанный район можно отнести к категории нуждающихся в сложных подготовительных работах при освоении. К этой же категории и по тем же соображениям можно отнести крупные лиманы.

Наиболее благоприятной с точки зрения гидрогеологических условий можно считать территорию, расположенную на востоке и юго-востоке района. Здесь грунтовые воды залегают на глубине 7—10 м, что вдвое и более превышает критическую глубину залегания грунтовых вод (по Б. В. Федорову). В солончаковых равнинах на пылевато-суглинистых однородных почвах она достигает 3 м. Кроме того, здесь на фоне высокоминерализованных вод залегают большое количество линз пресных и опресненных грунтовых вод. Линзы приурочены к западинам, широко распространенным на данной территории. Поэтому указанный район можно отнести к категории нуждающихся в легких подготовительных работах при освоении. При орошении необходимо выдерживать такие нормы полива, которые не привели бы к подъему уровня грунтовых вод. Поэтому не рекомендуется орошать большие по площади массивы, что может привести к образованию купола грунтовых вод.

Грунтовые воды района отличаются разнообразным гидрохимическим составом. В результате орошения указанное разнообразие еще более увеличится.

### **Изучение подтакрырных линз грунтовых вод**

Исключительно важным источником водоснабжения в песчаных пустынях являются подтакрырные линзы пресных вод. Они создаются в результате сбора и консервации атмосферных осадков с поверхности такыра. Воды такырного стока через поглощающие колодцы погружаются до уровня соленых грунтовых вод и скапливаются на них в виде плавающей линзы.

Размеры подтакрырных линз, степень минерализации их вод зависят от целого ряда факторов: количества и характера выпадения атмосферных осадков; размеров и строения такырной водосборной поверхности; состава и строения такырной корки и подстилающих ее горных пород; количества и размеров водосборных ям и водопоглощающих колодцев и др.

При благоприятных условиях площадь подтакрырных линз равна 0,2 км<sup>2</sup> при мощности 5—8 м. Зона пресных вод в таких подтакрырных линзах достигает 0,75 га. Чаще встречаются подтакрырные линзы меньших размеров (0,4 га).

Перечисленные выше факторы, влияющие на размеры подтакрырных линз, являются сложными, требующими детального изучения, а иногда и стационарных режимных наблюдений. Последние необходимы для установления количественных характеристик влияния отдельных элементов ландшафта и климатических факторов на размеры инфильтрации.

Для изучения условий образования подтакрырных линз большую помощь могут оказать материалы аэрофотосъемки, и в особенности ландшафтный подход к изучению такырных поверхностей. Материалы аэрофотосъемки являются, пожалуй, единственной документальной основой, позволяющей объективно оценивать с количественной и качественной сторон такырную поверхность с точки зрения ее водосборной способности.

На крупномасштабных аэрофотоснимках (от масштаба 1:5000 и крупнее) самым детальным образом может быть охарактеризована поверхность такыра. На них отчетливо изображаются все, даже незначительные нарушения: участки песчаных наносов, места произрастания высшей растительности, искусственная и естественная эрозионная сеть и другие самые разнообразные нарушения поверхности. Отмечать все эти детали чрезвычайно важно при оценке водосборной способности такыров. Составив ландшафтную схему такыра, можно исключить участки, по которым сток не происходит или происходит в незначительной степени, определить долю участия отдельных такырных фаций в поверхностном стоке.

В результате такого анализа аэроснимков может быть определен объем необходимых стационарных работ по изучению такырного стока, выбрано наиболее рациональное расположение пунктов режимных наблюдений, определено их количество. От того, насколько правильно оценены природные и искусственные объекты, влияющие на такырный сток, и размеры инфильтрации, зависит выбор режима эксплуатации подтакрырных линз. Кроме того, дешифрирование аэроснимков и ландшафтный анализ такыра позволяют устанавливать зависимость размеров, объема и строения подтакрырной линзы от характера такырных урочищ и окружающих их ландшафтов. Зависимости, установленные для отдельных типичных такыров, могут быть распространены на аналогичные им такыры, что позволит рационально распределять разведочные скважины с одновременной, более точной рисовкой линз на картах.

Рассмотрим выявление границ подтакрырной линзы и качественных характеристик водосборной способности такырных фаций на примере одного из такыров песчаных пустынь с помощью материалов аэрофотосъемки. В общих чертах район характеризуется следующими гидрогеологическими условиями. В его пределах развит каракумский грунтовый поток (В. Н. Кунин, 1959). Он обладает незначительным уклоном поверхности

(0,0002), а следовательно, и чрезвычайно замедленным водообменом. Направление движения вод — западное и северо-западное. Свободное зеркало грунтовых вод в основном плоское, на котором подтакрыные линзы образуют небольшие бугры, а к солончаковым впадинам приурочены понижения зеркала. Глубина залегания в зависимости от рельефа изменяется в широких пределах: от 0,9 до 40 м. Чаше глубина залегания характеризуется величиной 10—20 м.

По химическому составу и степени минерализации воды довольно пестрые. Здесь выделяются (по классификации О. А. Алекина): гидрокарбонатно-натриевые, сульфатно-натриевые, сульфатно-кальциевые и сульфатно-магниевые, хлоридно-натриевые и хлоридно-магниевые воды различных типов. Наиболее широко распространены хлоридно-натриевые воды с минерализацией 15—30 г/л.

В пределах рассматриваемого такыра в северо-западной и юго-восточной его частях имеется две изолированные подтакрыные линзы. На рис. 60 представлена северо-западная часть такыра, на которой можно выделить несколько фаций.

1. Искусственный котлован с колодцами для сбора вод поверхностного стока. В его пределах такырная корка удалена и вырыто семь колодцев. С поверхности залегают серо-желтые, пылеватые, мелкозернистые пески, сменяющиеся на глубине 1,8 м мелкозернистыми песками серого и темно-серого цвета. Грунтовые воды залегают на глубине 2,75 м (скв. 8, профиль I). Разрез до воды характеризуется обильными включениями полусгнивших обломков древесины, рога, тряпок, поэтому пески обладают затхлым запахом. Все колодцы в котловане срубовые, крепление — саксауловая вязка. Сруб возвышается над поверхностью земли на 0,3—0,9 м, снаружи обмазан глиной. Вид срубов старый, глиняная обмазка нарушена, колодцы большей частью не имеют крышек. Территория около колодцев загрязнена. Водопой скота проводится непосредственно у колодцев. Все это свидетельствует о том, что санитарное состояние колодцев находится на низком уровне.

Понижение с колодцами является антропогенной фацией и характеризуется промывным режимом увлажнения. На аэро-снимках котлован изображается пятном ровного серого цвета, на котором колодцы представлены мелкими темными точками.

2. Слабовыраженное понижение вокруг котлована с колодцами. Так же как и первая фация, лишена такырной корки и характеризуется тем же разрезом. На ее поверхности высшая растительность отсутствует. Это тоже антропогенная фация, образовавшаяся в результате сбоя скотом и ветровой эрозии. В такырном стоке если и принимает участие, то очень незначительное. Понижение вокруг котлована гипсометрически не-

сколько выше последнего. На аэрофотоснимках изображается контуром неправильной формы темно-серого ровного тона.

3. Участки эродированного такыра, покрытого маломощными песчаными наносами с единичными экземплярами сюзена и юзарлыка. Такырная корка незначительной мощности (первые десятки сантиметров) подстилается мелкозернистыми, слабо-слоистыми песками серовато-желтого цвета. Грунтовые воды находятся на глубине 3,7—3,8 м. В поверхностном стоке фация участвует частично — часть поверхностного стока аккумулируется в песчаном слое, покрывающем такырную поверхность, и расходуется на испарение и транспирацию.

Фотоизображение фации характеризуется дифференцированным тоном, в котором серым участкам соответствует изображение маломощных песчаных наносов на такырной поверхности. Несколько более темным тоном изображаются участки с незначительными по мощности песчаными скоплениями. Небольшими пятнышками светлого тона изображаются участки открытой такырной поверхности. Кусты песчаной акации имеют мелко-точечное изображение.

4. Участки такыра, большей частью лишены высшей растительности, со следами дефляции и эрозии, местами с сюзеном, реже сазакком и др. Такырная корка небольшой мощности (около 30 см). Подстилается мелкозернистыми песками. Зеркало грунтовых вод на глубине 3,7—3,8 м. Поверхность фации является основной водосборной поверхностью (основным водосбором), на аэроснимках изображается неровным светло-серым тоном.

5. Залежные участки с неплотной такырной коркой, маломощными песчаными скоплениями, зарослями янтака и единичными экземплярами сюзена. Характеризуется также незначительной мощностью такырной корки, тем же разрезом и такой же глубиной залегания грунтовых вод. Фация в поверхностном стоке участвует частично, дешифрируется по приуроченности к поверхностным (искусственным) водосборным канавкам и по губчатому серому тону.

6. Слабопесчаненные участки такыра с сазакком, сюзеном, черкезом и юзарлыком. Мощность песчаного покрова на такыре не превышает первых десятков сантиметров, характеризуется тем же геологическим строением и гидрогеологическими условиями, что и фации п. 4 и 5. В поверхностном стоке участвует частично. На аэроснимке изображается ровным серым тоном с разбросанными по нему темными точками различной величины, в виде которых изображаются кустарнички.

7. Небольшой участок такырной поверхности, лишенный высшей растительности. Мощность такырной коры здесь достигает 1,5 м. Это реликтовая фация, сохранившаяся первичная поверхность такыра. На профиле хорошо видно, что мощность такырной коры еще недавно была большей, чем современная. До

современного состояния она уменьшилась в результате дефляции. Характеризуется ровным светло-серым фотонизображением.

8. Эродруемый глинистый склон такыра, лишенный высшей растительности, с многочисленными мелкими руслами стока. Мощность такырной корки достигает 1,5—2 м. Подстилается она мелкозернистыми серовато-желтыми песками. Грунтовые воды на глубине 5 м. Фация играет большую роль в поверхностном стоке, о чем свидетельствуют многочисленные мелкие русла. Дешифрируется по приуроченности к окраине такыра, по характерному изображению мелких эрозионных русел, имеющих нередко дендровидный рисунок.

Таким образом, в ландшафтном отношении западная часть такыра представляет собой сложное урочище, состоящее из восьми такырных фаций, роль которых в создании поверхностного стока неравноценна. Лучшей водосборной способностью обладают фации с хорошо выраженной такырной коркой, лишенные песчаных наносов и высшей растительности на ее поверхности (п. 7, 8). Сток поверхностных вод, хотя и в меньшей степени, происходит в фациях, у которых такырная корка покрыта местами песчаными наносами небольшой мощности с развитыми на них отдельными экземплярами сюзена, сазака, янтака (п. 4, 5 и 6).

Такырное урочище находится в окружении трех пустынных урочищ.

9. Мелкобугристые пылеватые пески небольшой мощности с глинистыми прослойками, с сазачниками черкезовыми. Высокоминерализованные грунтовые воды находятся на глубине 5—8 м. На азроснимке изображаются серым ровным тоном, по которому густо разбросаны темные (до черных) точки различных размеров. Более крупные точки соответствуют изображению сазака, более мелкие — черкеза и песчаной акации.

10. Подножия барханных массивов с сазачниками чистыми, с повышенными размерами экземпляров сазака. Рисунок фотонизображения близок изображению мелкобугристых песков. Отличается большим количеством темных точек и несколько большими их размерами.

11. Акланг — массивы барханных песков с единичными пионерами псаммофитов: селина, сазака, сюзена. Высота барханных гряд 7—15 м. Под барханными песками грунтовые воды с минерализацией 7—15 г/л. Глубина их залегания различна в зависимости от рельефа. Рисунок фотонизображения очень специфичен. Резкими, несколько извилистыми линиями определенной ориентировки изображаются гребни барханных гряд. Пологие юго-западные склоны их имеют светлый, до очень светлого, тон; крутые северо-восточные склоны изображаются темным, до черного, тоном.

12. Слабополузакрепленные грядово-ячеиные пески с сачниками и каудымниками эбелековыми и илаковыми. Сложены эоловыми мелкозернистыми песками. Минерализация грунтовых вод 15—30 г/л, глубина их залегания меняется в зависимости от рельефа. Изображается урочище серым тоном с мелкими темными точками кустарников.

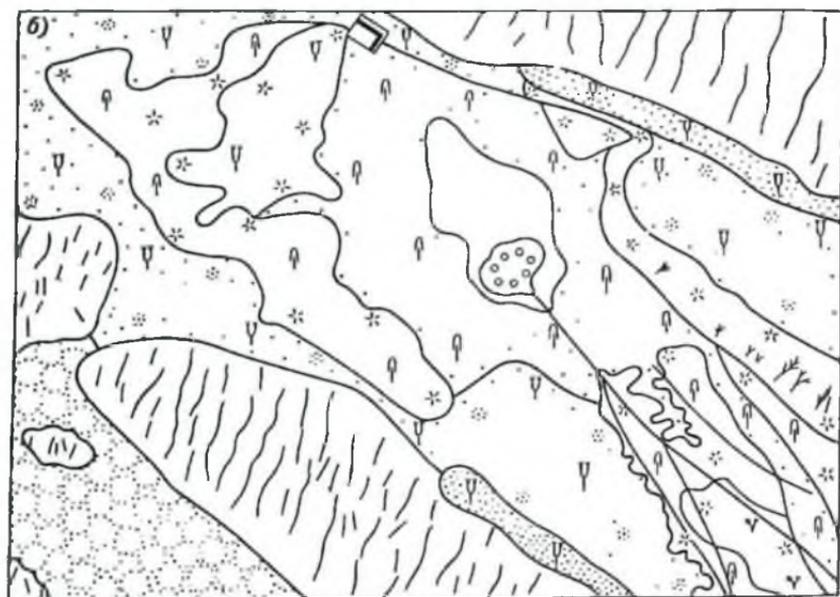
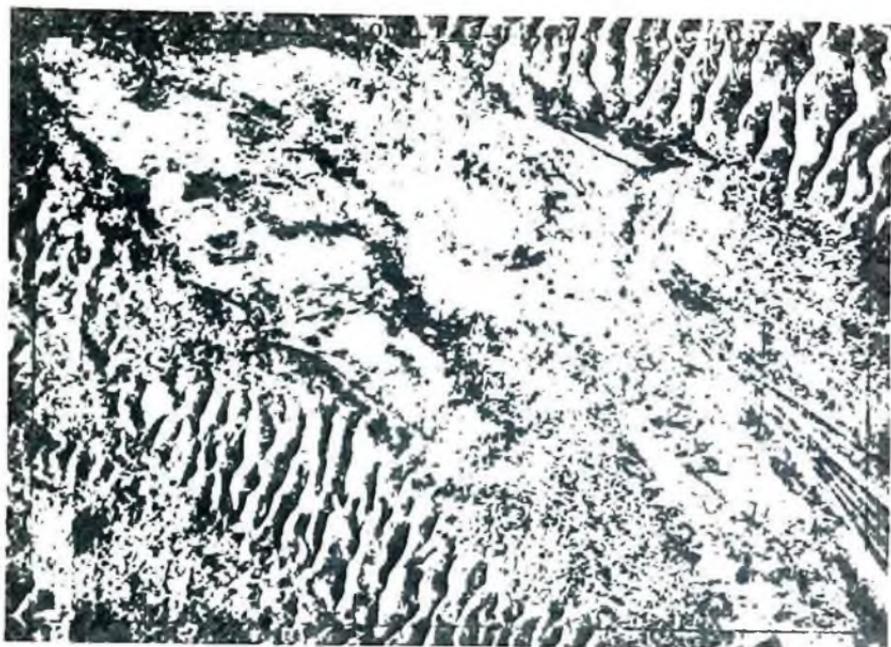
Незначительная мощность такырной корки, ее нарушенность в результате сбоя скотом, автомашинами и ветровой эрозией, наличие на поверхности такыра песчаных скоплений, расселение высшей растительности — все это свидетельствует о деградации такыра. Естественно, что в подобных условиях водосборная способность такырной поверхности сильно ухудшилась. Тем не менее даже в таких неблагоприятных условиях образуется линза пресных и слабоминерализованных грунтовых вод, обеспечивающая водопой отары овец большую часть летнего периода.

Линза пресных вод расположена непосредственно под поглощающим котлованом. От центра котлована она несколько смещена на юг, что объясняется общим уклоном зеркала грунтовых вод на этом участке. Опресненная зона (общая минерализация 1,5—3 г/л) находится в центре понижения (скв. 8). Вокруг нее кольцом располагается зона более высокоминерализованных вод (сухой остаток 3—7 г/л). Образование этого кольца вызвано усиленной откачкой воды из колодцев. Далее от центра снова располагается зона опресненных вод (1,5—3 г/л). Она также смещена от центра понижения на юг и, кроме того, имеет «залив», приуроченный к искусственному водосборному руслу. Скважина 10, заложенная в сухом русле, вскрыла слабоминерализованную воду. Скважина 11, пробуренная в непосредственной близости к руслу, но расположенная на сохранившейся такырной поверхности, вскрыла уже воду повышенной минерализации. Наличие пресных вод под руслом свидетельствует о том, что инфильтрация поверхностных вод происходит непосредственно и через русло. Вследствие этого вся линза, как это видно на прилагаемой схеме, ориентирована с юго-востока на северо-запад, т. е. вдоль основного водосборного русла.

За зоной с засолением в 1,5—3 г/л следует значительно большая по площади зона с минерализацией 3—7 г/л. И, наконец, внешней зоной, имеющей наибольшие площадные размеры, является зона соленых грунтовых вод (7—15 г/л).

Фоновые воды характеризуются высокой степенью минерализации (30—50 г/л и более). Наиболее высоким засолением (50 г/л) обладают воды, располагающиеся под относительно мощной такырной коркой, т. е. там, где практически отсутствует водообмен.

Как видно из ландшафтной схемы, рассматриваемое такырное урочище имеет довольно сложное строение, поэтому при расчете количества воды, поступающей в подтакырную линзу,



- |   |   |   |   |   |    |   |    |   |    |   |    |   |   |
|---|---|---|---|---|----|---|----|---|----|---|----|---|---|
|  | 1 |  | 2 |  | 3  |  | 4  |  | 5  |  | 6  |  | 7 |
|  | 8 |  | 9 |  | 10 |  | 11 |  | 12 |  | 13 |   |   |

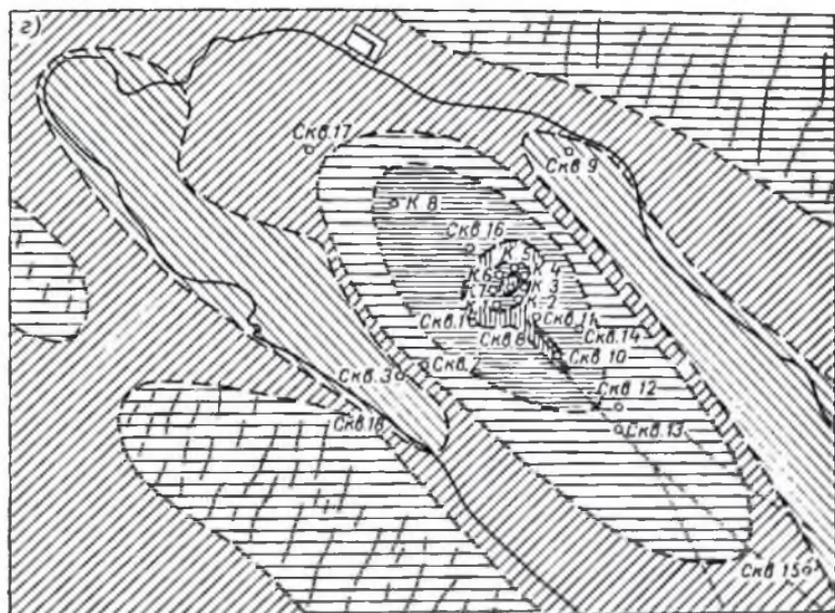
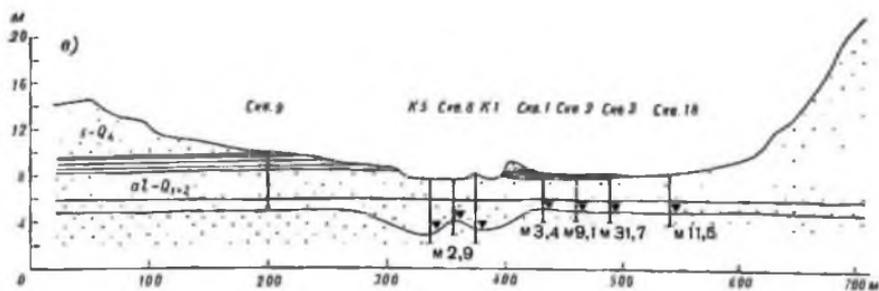


Рис. 60. Составление карты такирного водохвора

а) Фотоизображение б) Ландшафтная карта (составлена совместно с Л. В. Виноградовым). Усл. обозн. см. в тексте. в) Комбинский прир. фл. г) Карта границ водохвора (общая минерализация в г. л.: 1—1—3, 2—3—7, 3—7—15, 4—9, 5—9). д) водосборные каналы, 7—границы такрыра, 8—барханы, 9—мшары).

следует по-разному оценивать водосборную способность различных такырных фаций. Максимальное количество поверхностных вод может быть собрано с такырных фаций, лишенных песчаных наносов и высшей растительности. Стоком с запесоченных и заросших фаций можно пренебречь, так как поступающая на их поверхность влага аккумулируется в песчаных наносах, расходуется на испарение и транспирируется растительностью.

Площадь относительно чистой такырной поверхности здесь занимает 176 700 м<sup>2</sup>, или 0,18 км<sup>2</sup>. Если принять величину стока с одного квадратного километра такырной поверхности с искусственной водосборной сетью равной 5000 м<sup>3</sup> (В. Н. Кунин, 1959), то годовой сток составит 900 м<sup>3</sup>.

Даже несмотря на то что из расчета была исключена площадь такыра с маломощным песчаным покровом и произрастающей на нем растительностью, величина годового стока представляется завышенной. Цифра, приводимая В. Н. Куниным, относится к чистой ненарушенной такырной поверхности достаточно большой мощности. Мощность такырной корки западной части рассматриваемого такыра невелика и измеряется первыми десятками сантиметров. Она не является совершенно водонепроницаемой. Об этом свидетельствует опреснение грунтовых вод в скв. 10. Кроме того, поверхность такыра не является идеально ровной и ненарушенной, что неизбежно приводит к заставиванию поверхностных вод в мелких понижениях и ее испарению. Поэтому полученная величина годового стока должна быть значительно уменьшена. Точное ее определение возможно только в результате детальных режимных наблюдений. Приведенный ориентировочный расчет может характеризовать лишь порядок величины стока.

Образовавшаяся здесь линза характеризуется незначительными площадными размерами. Включая зону солоноватых вод (до 7 г/л), она составляет по площади около 0,01 км<sup>2</sup> (рис. 60 в).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Гидрогеологическое дешифрирование начало развиваться сравнительно недавно и является прогрессивным направлением изучения подземных вод. Уже в настоящее время дешифрирование аэроснимков позволяет определять большинство гидрогеологических показателей местности в порядке прогноза. Такое прогнозирование, помимо предварительного камерального дешифрирования перед полевыми работами, может иметь самостоятельное значение. Достоверность его зависит от степени отработки гидрогеологических индикаторов. Необходимо поэтому совершенствовать существующие и выявлять новые индикаторы, систематизировать их, концентрировать в специальных организациях.

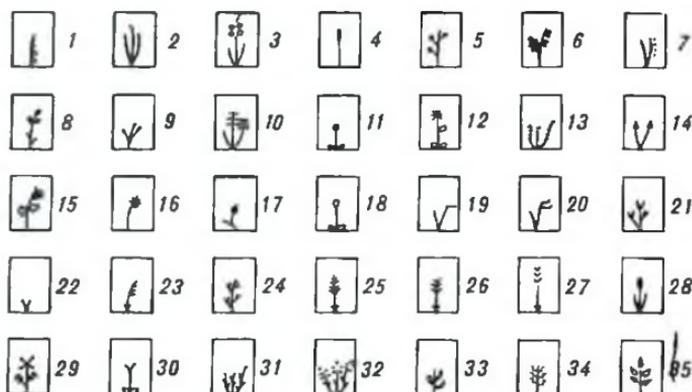
При проведении полного цикла работ полевого дешифрирование позволяет не только проверить прогнозы, уточнить границы и содержание гидрогеологических контуров, но и лучше понять общие гидрогеологические закономерности изучаемой территории, составить наиболее точные и детальные карты подземных вод.

Ландшафтный подход предполагает оценку всех поверхностных образований с точки зрения их гидрогеологической значимости. Гидрогеологическая интерпретация отдешифрированных элементов ландшафта тем достовернее, чем квалифицированней характеристика последних. Поэтому комплексное изучение местности совместно специалистами различных направлений приносит наибольший эффект.

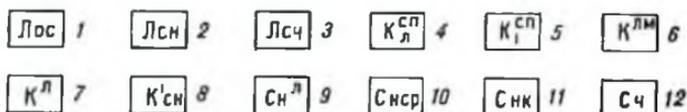
Гидрогеологическое дешифрирование, проводящееся на основе ландшафтного подхода, имеет большое будущее. Сжатые сроки, детальность и достоверность установления гидрогеологической обстановки местности с одновременным снижением затрат приведут к признанию и широкому внедрению этого метода.

## УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ К КОМПЛЕКСНЫМ ПРОФИЛЯМ

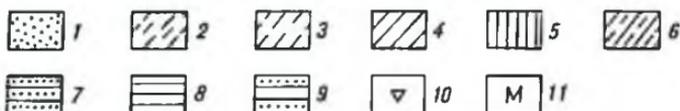
### РАСТИТЕЛЬНОСТЬ



### ПОЧВЫ



### ЛИТОЛОГИЯ И ГРУНТОВЫЕ ВОДЫ



Растительность. 1 — тростник, 2 — камыш, 3 — сусак, 4 — болотница, 5 — полынь лечебная, 6 — солодка гладкая, 7 — бекмания, 8 — тырлей ползучий, 9 — осока черноколосая, 10 — полынь однолетничая, 11 — мезофильное разнотравье, 12 — девясил, 13 — подинок, 14 — спорыш, 15 — сорное разнотравье, 16 — эфемеры, 17 — мятлик лучицный, 18 — ксерофильное разнотравье, 19 — ковыль сарептский, 20 — ковыль Лессинга, 21 — рогач песчаный, 22 — осока уральская, 23 — типчак, 24 — изень, 25 — житняк сибирский, 26 — житняк гребневидный, 27 — житняк пустынный, 28 — вострец ветвистый, 29 — ромашник, 30 — ксерофильное разнотравье, 31 — полынь Лерха, 32 — полынь малоцветковая, 33 — солянки сукуцудентные, 34 — солянки ксероморфные, 35 — культурные посевы.

Почвы: 1 — лугово-лиманные осолодевшие, 2 — лугово-лиманные солончаковые, 3 — лугово-лиманные солончаковые (на песках), 4 — лугово-каштановые (на песках), 5 — светло-каштановые слабосолонцеватые, 6 — лугово-каштановые мощные, 7 — лугово-каштановые, 8 — светло-каштановые солонцеватые, 9 — солонцы луговые, 10 — солонцы средине, 11 — солонцы кирковые, 12 — солончаки.

Литология и грунтовые воды: 1 — песок, 2 — супесь, 3 — суглинок легкий, 4 — суглинок средний и тяжелый, 5 — суглинок пылеватый лессовидный, 6 — частое переслаивание суглинка и супеси, 7 — глина песчаная, 8 — глина жирная, 9 — частое переслаивание песка и глины, 10 — уровень грунтовых вод, 11 — минерализация грунтовых вод в г/л.

## ЛИТЕРАТУРА

- Алексин О. А. 1953. Основы гидрохимии. Гидрометеоиздат, Л.
- Александрова Т. Д. 1965. Ручные перфокарты в ландшафтных исследованиях. ВГО. Доклады комиссии по ландшафтным исследованиям и картографированию.
- Александрова Т. Д. 1967. Перфокарты в физико-географических исследованиях. Изд. «Наука», М.
- Алексеевко Е. Я. 1964. Методика дешифрирования оползневых явлений по материалам аэрофотосъемки. Сб. «Аэрометоды при поисках полезных ископаемых и геологическом картировании». Изд. «Наука», М.—Л.
- Альтер С. П. 1961. Использование географического содержания топографических карт при ландшафтных исследованиях. Сб. «Применение аэрометодов в ландшафтных исследованиях». Изд. АН СССР, М.—Л.
- Арефьева В. А. 1957. Лиманы Прикаспийской низменности, их водный режим и значение в сельском хозяйстве. Автореф. канд. дисс., М.
- Арцыбашев Е. С. 1961. Спектрофотометрия элементов ландшафта — индикаторов грунтовых вод. Сб. «Использование аэрометодов при исследовании природных ресурсов». Изд. АН СССР, М.—Л.
- Ахмедсафин У. М. 1947. Новые данные о связи растительности с грунтовыми водами. «Вестник АН КазССР», № 1—2.
- Ахмедсафин У. М. 1951. Понсковые признаки подземных вод в песчаных пустынях. «Вестник АН КазССР», № 1.
- Аэрофотографическое эталонирование и экстраполяция, 1967. Изд. «Наука», Л. Аэрометоды при геологической съемке и поисках полезных ископаемых, т. I, II. Изд. «Недра», М., 1964.
- Барбаро Д. 1938. Комментарии к десяти книгам об архитектуре Витрувия, пер. с лат. А. Н. Венедиктова, В. П. Зубова, Ф. А. Петровского, ИЛ, М.
- Бейдеман И. Н. 1946. Смена растительного покрова в связи с изменением режима грунтовых вод. ДАН АзербССР, т. II, № 4.
- Бейдеман И. Н., Преображенский А. С. 1957. Взаимобусловленность развития почв и растительности в Куро-Араксинской низменности. Тр. Бот. ин-та АН СССР, серия III (геоботаника), в II.
- Белецкий В. И. 1962. Применение аэрометодов. Методическое руководство по производству гидрогеологической съемки в масштабах 1 : 50 000 и 1 : 25 000. Госгеолтехиздат, М.
- Белов С. В. 1959. Аэрофотосъемка лесов. Изд. АН СССР, М.—Л.
- Берг Л. С. 1931. Ландшафтно-географические зоны СССР, ч. I. Сельхозгиз, М.—Л.
- Берг Л. С. 1945. Фации, географические аспекты и географические зоны. Изв. ВГО, т. 77, вып. 3.
- Благовещенский Э. Н. 1941. Саксаульники низменных Каракумов. Изв. ВГО, т. 73, № 2.
- Богомолов Л. А. 1963. Топографическое дешифрирование ландшафта на аэроснимках. Госгеолтехиздат, М.
- Варминг Е. 1902. Распределение растений в зависимости от внешних условий. Спб.
- Викторов С. В. 1955. Применение геоботанического метода при гидрогеологических исследованиях в пустынях и полупустынях. Сб. «Геоботанические методы при геологических исследованиях». Госгеолтехиздат, М.
- Викторов С. В., Востокова Е. А. 1959. Опыт использования аэрометодов при геоботанических наблюдениях, проводимых в комплексе геологических и гидрогеологических исследований. Тр. ЛАЭР, т. VIII. Госгеолтехиздат, М.
- Викторов С. В., Востокова Е. А. 1961. Геоботанические наблюдения. Методическое руководство по гидрогеологической съемке масштабов 1 : 1 000 000 — 1 : 500 000 и 1 : 200 000 — 1 : 100 000. Госгеолтехиздат, М.

- Викторова С. В., Востокова Е. А., Вышневский Д. Д. 1962а. Введение в индикационную геоботанику. Изд. МГУ
- Викторов С. В., Востокова Е. А. 1962б. Геоботанические наблюдения. Методическое руководство по производству гидрогеологической съемки в масштабах 1:50 000 и 1:25 000. Госгеолтехиздат, М.
- Виноградова А. И. 1960. Ландшафтное картирование по данным дешифрирования аэроснимков. Сб. «Аэрометоды в природных исследованиях», М.—Л.
- Виноградов Б. В. 1958. О связи растительности с грунтовыми водами в степных ландшафтах Северного Казахстана и использовании растительности в качестве индикатора при гидрогеологическом дешифрировании аэрофотоснимков. Изв. АН СССР, серия геогр., № 1.
- Виноградов Б. В., Геренчук К. И., Исаченко А. Г. и др. 1961а. Основные принципы ландшафтного картографирования. Материалы к V Всесоюз. совещ. по вопросам ландшафтоведения. Тексты докладов Изд. геогр. фак-та МГУ, М.
- Виноградов Б. В. 1961б. Использование растительности в качестве индикатора при дешифрировании аэрофотоснимков ландшафтов пустынь Западной Туркмении. Изв. ВГО, т. 93.
- Виноградов Б. В. 1961в. Опыт крупномасштабного ландшафтного дешифрирования и картирования ключевых участков в аридных и субаридных зонах Средней Азии и Казахстана. Сб. «Применение аэрометодов в ландшафтных исследованиях». Изд. АН СССР, М.—Л.
- Виноградов Б. В. 1962. Географические закономерности дальней экстраполяции признаков дешифрирования ландшафтов-аналогов. Сб. «Применение аэрометодов для изучения грунтовых вод». Изд. АН СССР, М.—Л.
- Виноградов Б. В. 1963. Основные формы аэрофотографического эталонирования растительности и других элементов ландшафта. Сб. «Вопросы дешифрирования и фотограмметрической обработки аэроснимков». АН СССР, М.—Л.
- Виноградов Б. В. 1966. Аэрометоды изучения растительности аридных зон. Изд. «Наука», М.—Л.
- Виноградов Б. В. 1967а. Методика составления прямого ключа для карт с двухрядной краевой перфорацией. Сб. «Перфокартный метод систематизации аэрофотографических эталонов». ВГО. Докл. комиссии аэро-съемки и фотограмметрии, вып. 5, Л.
- Виноградов Б. В. 1967б. Система и развитие аэрофотографического эталонирования. Сб. «Аэрофотографическое эталонирование и экстраполяция» Изд. «Наука», Л.
- Востокова Е. А. 1953. Растительность как индикатор географических и гидрогеологических условий в пустынях и полупустынях в связи с их освоением. Автореферат канд. дисс., М.
- Востокова Е. А. 1955. Применение геоботанического метода при гидрогеологических исследованиях в пустынях и полупустынях. Тр. ВАГТ, вып. 1. Госгеолтехиздат, М.
- Востокова Е. А. 1961. Геоботанические методы поисков подземных вод в засушливых областях Советского Союза. Госгеолтехиздат, М.
- Воробьев Г. Г. 1962. Техника составления и работа с картотеками из перфокарт ручной сортировки. Сб. НИИ (ЦИНТИ электропром—ВИНИТИ), М.
- Воронина А. Ф. и Николаев В. А. 1958. Из опыта среднемасштабного ландшафтного картографирования районов освоения целинных и залежных земель Северного Казахстана. Вестник МГУ, серия биол., почв., геол., геогр., № 2.
- Высоцкий Г. Н. 1927. Очерки о почвах и режиме грунтовых вод. Бюлл. почвовед., № 1—8.

- Высоцкий Б. П. 1962 Аэрофотометод при геологических исследованиях. Госгеолтехиздат, М.
- Галкина Е. А. 1959. Болотные ландшафты Карелии и принципы их классификации. Сб. «Торфяные болота Карелии». Изд. Карельского ФАН СССР, вып. 15. Петрозаводск.
- Гармонов И. В. 1948. Зональность грунтовых вод Европейской части СССР. Тр. Лаб. гидрогеол. проблем АН СССР, т. III.
- Герасимов И. П., Глазовская М. А. 1960. Основы почвоведения и географии почв. Географиз, М.
- Гвоздецкий Н. А. 1961. Опыт классификации ландшафтов СССР. Материалы к V Всесоюз. совещанию по вопросам ландшафтоведения, М.
- Глаголев А. В. 1959. Применение аэрометодов при изысканиях и проектировании объектов железнодорожного транспорта. Тр. ЛАЭР, т. VII.
- Гольдман Л. М. 1960. Применение цветной аэро съемки для изучения местности. (Дешифрирование цветных аэроснимков). Тр. ЦНИИГАК, вып. 137, М.
- Господинов Г. В. 1961 Дешифрирование аэроснимков. Изд. МГУ.
- Гордеев П. В. 1959. О формировании линз пресных и солоноватых вод на Черных землях. Тр. Новочеркасского политехн. ин-та, т. 75.
- Григорьев Ал. А. 1965а. Возможности меридиональной экстраполяции дешифрировочных признаков четвертичных отложений из зоны в зону (на примерах запада европейской части СССР). Изв. ВГО, т. 97, № 4.
- Григорьев Ал. А. 1965б. Дальняя экстраполяция признаков дешифрирования четвертичных отложений. ВГО. Докл. комиссии аэро съемки и фотограмметрии, вып. 2, Л.
- Докучаев В. В. 1954. К учению о зонах природы. Изб. соч., т. VI. Изд. АН СССР.
- Жуков М. М. 1937. Геоморфология северо-западного Прикаспия. Бюлл. МОИП, отд. геол., т. 15, вып. 3.
- Зайцев И. К. 1945. Методика составления сводных гидрогеологических карт. Госгеолтехиздат, Л.
- Закржевский Б. С. и Коровни Е. П. 1935. Экологические особенности главнейших растений Бет-Пак-Дала. Тр. Среднеаз. гос. ун-та. VIII. Ботаника, вып. 23.
- Иванова Л. С. 1959. Использование аэрометодов при обнаружении линз верховодки в полупустыне. Изв. АН СССР, серия геогр., № 4.
- Иванова Л. С. 1960. Верховодки сухих степей и их связь с растительным покровом, рельефом и характером грунтов. Сб. «Вопросы индикационной геоботаники». МОИП, геогр. секция, М.
- Ильин В. С. 1930. Грунтовые воды. БСЭ, т. 19.
- Иорданская Н. Н. 1960. Корневые системы некоторых растений-гидроиндикаторов Калмыцких степей. Сб. «Вопросы индикационной геоботаники», МОИП, геогр. секция, М.
- Иорданская Н. Н. и Шавырина А. В. 1961. Применение результатов геоботанического дешифрирования аэроснимков при распознавании ландшафтных особенностей территорий формирования линз верховодок на Черных Землях и в Сарпинской низменности. Сб. «Применение аэрометодов в ландшафтных исследованиях». Изд. АН СССР, М.—Л.
- Исаченко А. Г. 1961. Физико-географическое картирование, ч. III. Изд. ЛГУ.
- Исаченко А. Г. 1962. Учение о ландшафте и физико-географическое районирование. Изд. ЛГУ.
- Исаченко А. Г. 1965. Основы ландшафтоведения и физико-географическое районирование. Изд. «Высшая школа», М.
- Исаченко Т. И. 1962. Принципы и методы генерализации при составлении геоботанических карт крупного, среднего и мелкого масштаба. Сб. «Принципы и методы геоботанического картографирования». Изд. АН СССР, М.—Л.

- Казяков М. П. и др. 1958. Тектоническое строение и история развития Прикаспийской впадины и смежных областей в связи с вопросами нефтегазоносности. Гостоптехиздат, М.
- Калесник С. В. 1947. Основы общего землеведения. Учпедгиз, М.—Л.
- Калесник С. В. 1959. Современное состояние учения о ландшафтах. Материалы III съезда геогр. о-ва СССР, Л.
- Камелский Г. Н. 1947. Поиск и разведка подземных вод. Госгеолтехиздат, М.
- Камелский Г. Н. 1949. Зональность грунтовых вод и почвенно-географические зоны. Тр. Лабор. гидрогеол. проблем. АН СССР, т. 6.
- Камелский Г. Н., Гармонов И. В., Богданов Г. Я., Гуркина Н. Ф., Располов М. П., Ярцева Е. Н. 1960. Грунтовые воды Прикаспийской низменности и их режим. Изд. АН СССР, М.
- Карандеева М. В. 1958. К вопросу о происхождении ложбинного рельефа Западного Прикаспия. Вестник МГУ, № 2.
- Келль Н. Г. 1960. Значение аэрометодов в геолого-географических исследованиях. Ротопринт. Доклад на XV науч.-техн. конф. ЛГИ.
- Климентов П. П. 1961. Методика гидрогеологических исследований. Госгеолтехиздат, М.
- Ковда В. А. 1946. Происхождение и режим засоленных почв, т. 1. Изд. АН СССР.
- Ковда В. А. 1950. Почвы Прикаспийской низменности. Изд. АН СССР, М.—Л.
- Ковда В. А. 1960. Основы теории и практики мелiorации и освоения засоленных почв аридной зоны. Сб. «Проблема засоления почв и водных источников». Изд. АН СССР, М.
- Козлов А. Г. 1964. Применение аэрометодов при мелкомасштабном гидрогеологическом картировании в горно-таежных районах. Материалы 4-го совещ. по подземным водам, Иркутск—Новосибирск.
- Комаров И. С., Садов А. В. 1964. Некоторые общие вопросы методики применения аэрометодов при скоростных инженерно-геологических исследованиях. Сб. «Методы дешифрирования аэрофото материалов при геологических исследованиях». Изд. «Наука», Л.
- Комков А. М. 1951. К вопросу о сущности и методах генерализации в картографии. Вопросы географии, сб. 27.
- Костычев П. А. 1890. Связь между почвами и некоторыми растительными формациями. СПб.
- Костычев П. А. 1951. Избранные произведения. Изд. АН СССР, М.—Л.
- Котельников В. Л. 1950. Задачи советского ландшафтоведения в связи с участием географов в выполнении плана преобразования природы. Вопросы географии, сб. 23.
- Краснов И. И. 1954. Применение аэрометодов при геологической съемке. Методическое руководство при геологической съемке. ВСЕГЕИ, Госгеолтехиздат, Л.
- Кудрицкий Д. М., Попов И. В., Романова Е. А. 1956. Основы гидрографического дешифрирования аэроснимков, М.—Л.
- Кудрицкий Д. М. 1960. Некоторые вопросы терминологии дешифрирования аэроснимков. Изв. высш. учебн. завед. Геодезия и аэрофото-съемка, вып. 3.
- Кузнецов В. В. 1964. Картирование почв пустынной зоны на примере Западного Казахстана. Сб. «Опыт картирования растительности и почв по аэроснимкам». Изд. «Наука», М.—Л.
- Кузнецов В. В. 1967. Дешифрирование почвенного покрова на аэроснимках при гидрогеологических исследованиях. ВГО. Докл. комиссии аэро-съемки и фотограмметрии, вып. 3. Л.
- Кунин В. И. 1947. Происхождение подземных вод Каракумов. Изв. ВГО, т. 79, вып. 1.

- Кунин В. Н. 1959. Местные воды пустыни и вопросы их использования. Изд. АН СССР, М.
- Кунин В. Н., Лещинский Г. Т. 1960. Временный поверхностный сток и искусственное формирование грунтовых вод в пустыне. Изд. АН СССР, М.
- Лавров А. Н., Предтеченский Н. П. и Ренгартен П. А. 1936. Геоморфологическое дешифрирование. Сб. «Применение аэрофотосъемки в гидрологических исследованиях», Л.
- Лазаренков Г. В., Лисовский М. А. 1964. Дешифрирование аэрофотоснимков при поисках подземных вод в северных районах. Тр. Всесоюз. науч.-исслед. ин-та трансп. стр-ва, вып. 53.
- Ланге О. К. 1931. Краткий курс гидрогеологии, М.—Л.
- Ланге О. К. 1947. О зональном распределении грунтовых вод на территории СССР. Материалы к познанию геол. строения СССР. Нов. серия, вып. 8, М.
- Ланге О. К. 1949. Геоморфология и грунтовые воды. Тр. лаб. гидр. проблем, т. II, М.
- Ландшафтные методы в гидрогеологии и инженерной геологии. Бюлл. науч.-техн. информации. Тематический выпуск. Серия гидрогеология и инж. геология, № 1, М.
- Ларин П. В. 1953. Определение почв и сельскохозяйственных угодий по растительному покрову в степи и полупустыне междуречья Волги и Урала. Сельхозгиз, М.—Л.
- Лебедев А. Ф. 1936. Почвенные и грунтовые воды.
- Личков Б. Л. 1933. Гидрология подземных вод. Л.
- Личков Б. Л. 1954. О законе горизонтальной зональности В. В. Докучаева в применении к грунтовым водам и о степени подчинения горизонтальной зональности остальных подземных вод. Изд. АН СССР, геогр. сб. VI, М.—Л.
- Лисицын К. Н. 1927. О законах распространения пресных и соленых вод в сухих сулганских степях в связи с рельефом. Новочеркасск.
- Лидов В. П. и Саушкин Ю. Г. 1950. Экспедиционные заметки. Вопросы географии, сб. 18.
- Лисовский М. А. 1954. Инженерно-геологическое дешифрирование материалов аэрофотосъемки при железнодорожных изысканиях. Тр. ЦНИИС, сообщ. № 56.
- Лисовский М. А., Плинка Л. И. 1951. Руководство по использованию аэрофотосъемки при производстве инженерно-геологических работ на изысканиях новых железных дорог. Транстэпроект.
- Лунгерсгаузен Г. Ф. 1961. Применение аэрометодов при гидрогеологической съемке. Методическое руководство по гидрогеологической съемке масштабов 1 : 1 000 000—1 : 500 000 и 1 : 200 000—1 : 100 000. Гостехиздат, М.
- Макаренко Ф. А. 1947. О закономерностях подземного питания рек. ДАН СССР, т. 57, № 5.
- Мазарович А. Н. 1926. Методика гидрогеологических исследований, М.
- Марковский В. К., Алексеенко Е. Я. 1965. Методика картирования грунтовых вод по материалам аэрофотосъемки на примере одного из районов Северного Казахстана. Сб. «Экспресс—информация», ЦВНТИ, Гипроводхоз, серия 10, вып. 3, М.
- Мейер Г. Я., Кривоносов И. М. 1956. Применение аэрометодов для картирования закрытых дренажных систем. Тр. ЛАЭР, АН СССР, т. V, М.—Л.
- Мейер Г. Я. 1962. Аэрофотографический метод изучения грунтовых вод. Сб. «Применение аэрометодов для изучения грунтовых вод». Изд. АН СССР, Л.
- Мейер Г. Я. 1963. Разработка аэрометодов для изучения геоморфологии в связи с поисками подземных вод. Тезисы докл. науч.-техн. совещ. по гидрогеологии и инж. геологии, М.—Ереван.

- Мейер Г. Я., Марковский В. К. 1962 Опыт дешифрирования на аэроснимках ледниковых ландшафтов-индикаторов грунтовых вод. Сб. «Применение аэрометодов для изучения грунтовых вод». Изд. АН СССР, Л.
- Мейер Г. Я., Нефедов К. Е. 1962 Дешифрирование грунтовых вод типичных ландшафтов Туркмении на аэроснимках. Сб. «Применение аэрометодов для изучения грунтовых вод». Изд. АН СССР, Л.
- Мельников Е. С., Садов А. В. 1964. Аэрометоды в инженерной геологии и гидрогеологии. Изд. «Недра», М.
- Методическое руководство по гидрогеологической съемке масштабов 1:1 000 000—1:500 000 и 1:200 000—1:100 000. Госгеолтехиздат, М., 1961.
- Методическое руководство по производству гидрогеологической съемки в масштабах 1:50 000 и 1:25 000. Госгеолтехиздат, М., 1962.
- Методические указания к производству гидрогеологической съемки районов орошения Прикаспийской низменности и Заволжья. Изд. АН СССР, М., 1952.
- Методические указания по составлению гидрогеологических карт масштабов 1:100 000—1:500 000 и 1:200 000—1:100 000. Госгеолтехиздат, 1960.
- Методические указания по применению аэрометодов при инженерно-геологических исследованиях на изысканиях железных дорог. 1961. № 22. Всесоюз. науч.-исслед. ин-т трансп. стр-ва ЦНИИС.
- Милановский Е. В. 1943. Гидрогеологический очерк правобережья Среднего и Нижнего Поволжья. Госгеолтехиздат.
- Миллер В., Миллер К. 1964. Аэрофотогеология. Изд. «Мир», М.
- Мильков Ф. Н. 1948. О морфологических и генетических типах ландшафтов-аналогов. Тр. Второго Всесоюз. геогр. съезда, т. 1, М.
- Мильков Ф. Н. 1959. Вопросы типологии урочищ. Изв. Воронеж. отд. ВГО, вып. 2.
- Мирошниченко В. П. 1946. Аэрогеосъемка. Госгеолтехиздат, М.—Л.
- Мирошниченко В. П. 1959. Применение аэрометодов в геологии. Тр. ЛАЭР, т. VIII.
- Мирошниченко В. П. 1957. Применение аэрометодов для ландшафтных исследований. Научн. зап. Львовского гос. ун-та им. И. Франко, т. 40. Географический сборник, в. 4.
- Михайлов Г. К. 1963. Методика проведения аэровизуальных наблюдений при гидрогеологической съемке. Разведка и охрана недр, № 6.
- Можаев Б. Н., Сальцевич М. Ф. 1967. Использование материалов аэрофотосъемки при инженерно-геологических изысканиях трассы. ЛЭП ВГО. Докл. комиссии аэросъемки и фотограмметрии, вып. 3, Л.
- Мозгалева Э. Э. 1963. Обводнение Сарпинской низменности. «Гидротехника и мелиорация», № 4.
- Моксхэм Р. М. 1967. Изучение водных ресурсов при помощи аэросъемки в инфракрасных лучах. М.
- Монахов А. К. 1967. Гидрондикационное значение растительных сообществ сухостепной зоны Северного Казахстана и их изображение на аэроснимках. ВГО. Докл. комиссии аэросъемки и фотограмметрии, вып. 3, Л.
- Наливкин Д. В. 1933. Учение о фациях.
- Нефедов К. Е. 1963. О гидрогеологическом картировании по материалам аэрофотосъемки. Докл. АН СССР, т. 148, № 3.
- Нефедов К. Е. 1964. Картирование грунтовых вод при почвенно-мелиоративных исследованиях в полупустынных районах Прикаспия на основе материалов аэросъемки. Сб. «Опыт картирования растительности и почв по аэроснимкам». Изд. «Наука», Л.
- Нефедов К. Е., Виноградов Б. В. 1965. Использование карт с перфорированными краями для анализа географической и геологической информации карт с перфорированными краями, Таллин.

- Нефедов К. Е., Кузнецов В. В. 1965. Применение перфокарт в некоторых разделах ландшафтного эталонирования. ВГО. Докл. комиссии по ландшафтным исследованиям и картографированию, вып. 1.
- Нефедов К. Е. 1965. Методика среднемасштабного картирования грунтовых вод засушливых зон по аэроснимкам. Экспресс—информация. ЦБНТИ, Гипроводхоз, серия 10, вып. 3, М.
- Нефедов К. Е. 1966. Проявление подземных вод на дневной поверхности и их дешифрирование по аэроснимкам. Тр. Всесоюз. совещ. по вопросам теории и практики дешифрирования аэроснимков.
- Нефедов К. Е. 1967. Некоторые положения гидрогеологического дешифрирования. Тр. IX Всесоюз. совещ. по аэросъемке. «Аэросъемка и ее применение». Изд. «Наука», Л.
- Нефедов К. Е. Аэрометоды в гидрогеологических исследованиях. (Краткий обзор основных работ.) Докл. комиссии по аэросъемке и фотограмметрии. ВГО Сб II, вып. IV.
- Нефедов К. Е. 1967. Аэрофотографическое эталонирование грунтовых вод. Сб. «Аэрофотографическое эталонирование и экстраполяция», Изд. «Наука», Л.
- Нефедов К. Е. 1967. Некоторые закономерности отраслевой экстраполяции. Сб. «Аэрофотографическое эталонирование и экстраполяция» Изд. «Наука», Л.
- Никитин С. Н. 1900. Грунтовые и артезианские воды на Русской равнине. СПб.
- Никитин С. Н. 1960. Мелнорация почв Нижнего Поволжья, Волгоград.
- Николаев Н. И. 1941. Геология и гидрогеология Заволжья. Гостоптехиздат.
- Николаев Н. И. 1953. Стратиграфия четвертичных отложений Прикаспийской низменности и Нижнего Поволжья. Стратиграфия четвертичных отложений и новейшая тектоника Прикаспийской низменности. Изд. АН СССР, М.
- Овчинников А. М. 1947. Общая гидрогеология. Госгеолтехиздат, М.
- Организация и производство гидрогеологической съемки масштаба 1 : 500 000. Госгеолтехиздат, М., 1957.
- Организация и производство гидрогеологической съемки масштабов 1 : 200 000—1 : 100 000. Госгеолтехиздат, М., 1957.
- Опыт картирования растительности и почв по аэроснимкам. Изд. «Наука», М—Л., 1964.
- Отоцкий П. В. 1905. Грунтовые воды, их происхождение, жизнь и распределение. СПб.
- Отоцкий П. В. 1914. Схематический очерк залегания грунтовых вод на равнине Европейской России. В кн. К. Кейльгака «Подземные воды».
- Павлов А. П. 1951. О рельефе равнины и его изменениях под влиянием работы подземных и поверхностных вод. Избр. соч. Изд. АН СССР.
- Первакова В. И. 1939. К вопросу гидрогеологического районирования автономной Калмыцкой ССР. Тр. науч.-иссл. Ин-та геологии Саратовского гос. ун-та им. Н. Г. Чернышевского, Саратов.
- Перфорированные карты и их применение в науке и технике. Машгиз, 1963.
- Перфокартный метод систематизации аэрофотографических эталонов. ВГО. Докл. комиссии аэросъемки и фотограмметрии, вып. 5. Л. 1967.
- Петрусевич М. Н., Казик Л. И. 1955. Цветная аэрофотосъемка при геологическом картировании. «Советская геология», сб. 42.
- Петрусевич М. Н. 1962. Аэрометоды при геологических исследованиях. Госгеолтехиздат, М.
- Полынов Б. Б. 1934. Кора выветривания. Изд. АН СССР.
- Полынов Б. Б. 1952. Географические работы. Изд. АН СССР, М.
- Попова Т. А. 1962. Изучение растительного покрова полупустынь. Сб. «Аэрометоды изучения природных ресурсов». Географиз, М.
- Попов О. В. 1968. Подземное питание рек. Гидрометеониздат, Л.

- Посохов Е. В. и Гордеев П. В. 1962. Гидрохимия грунтовых вод Черных земель. Тр. Новочерк. политехи. ин-та, № 128.
- Посохов Е. В. 1966. Формирование химического состава подземных вод. Гидрометеониздат, Л.
- Почвенная съемка. Изд. АН СССР, 1959.
- Почвы комплексной равнины северного Прикаспия и их мелiorативная характеристика. Изд. «Наука», М., 1964.
- Приклонский В. А. 1935. Растительность и грунтовые воды. Сб. «Гидрогеология и инженерная геология», № 1.
- Приклонский В. А. 1944. Растения как показатели грунтовой воды. Сб. «Обзор иностр. литературы ком. по делам геол. при СНК СССР».
- Приклонский В. А. 1955. Грунтоведение, ч. I. Госгеолтехиздат, М.
- Применение аэрометодов при гидрогеологической съемке. Бюлл. науч.-техн. информации МГиОН, № 4, 1961.
- Пронин А. К. 1935. Руководство по дешифрированию лесных аэроснимков. Гослестехиздат, Л.
- Пронин А. К. 1938. Дешифрирование аэрофотоснимков. ТСЭ, т. VI.
- Райзер П. Я. 1948. К вопросу о применении аэрофотограмметрии в инженерно-строительных работах. Сб. VI науч.-архит. техн. конференция Ленингр. инж.-строит. ин-та. Тезисы докл., Л.
- Райзер П. Я. 1953. Аэрофотографические съемки. В кн. Голикова Е. Д., Ковтуна А. Г. и др. «Инженерная геодезия». Изд. Ленингр. военно-воздушн. инж. академии, Л.
- Растительный покров СССР, 1956, т. II. Изд. АН СССР, М.—Л.
- Резвой П. Д. 1957. Пресная вода на Брюхьем острове. Ж. «Природа», № 2.
- Ренгартен П. А. 1946. Применение аэросъемки для гидрогеологических исследований в условиях песчаной пустыни. «Разведка недр», № 6.
- Рихтер Г. Д. 1964. Физико-географическое районирование СССР. Физико-географический атлас мира, М.
- Роде А. А. 1955. Почвоведение. Гослесбуиздат, М.
- Роде А. А. 1956. Водный режим почв и его типы. «Почвоведение», № 4.
- Роде А. А. 1960. Методы изучения водного режима почв. Изд. АН СССР, М.
- Роометс С. 1963. Перфокарты и их применение. БТИ СНХ ЭССР, Таллин.
- Рубахин В. Ф. 1962. Сельскохозяйственное дешифрирование аэроснимков. Вестник с.-х. наук, № 10.
- Рябченков А. С. 1961. Геоморфологические наблюдения. Методическое руководство по гидрогеологической съемке масштабов 1:1 000 000—1:500 000 и 1:200 000—1:100 000. Госгеолтехиздат, М.
- Саваренский Ф. П. 1922. Роль лиманов в гидрогеологии Заволжских степей. Водное хозяйство и мелiorация, № 4.
- Саваренский Ф. П. 1934. Гидрогеология. ОНТИ НКТП СССР, М.—Л.
- Саваренский Ф. П. 1950. Избр. соч. Изд. АН СССР.
- Самарина В. С. 1959. Особенности химической дифференциации грунтовых вод под отдельными элементами рельефа Прикаспийской низменности. Научн. докл. высшей школы. Геолого-географические науки, № 1.
- Самарина В. С. 1963. Формирование химического состава подземных вод. Изд. ЛГУ.
- Самойлович Г. Г. 1953. Применение авиации и аэрофотосъемки в лесном хозяйстве. Гослесбуиздат, М.—Л.
- Свет Я. М. 1939. Некоторые данные по изучению связи растительности с грунтовыми водами в окрестностях оз. Эльтон. Тр. геол. ин-та, т. IX. Изд. АН СССР.
- Семенова Н. Н. 1960. Применение материалов аэрофотосъемки при исследовании и картировании почвенного покрова степной и сухостепной зон. Автореф. канд. дисс., Л.
- Семихатов А. Н. 1934. Подземные воды СССР. Госгеолтехиздат.
- Сергеев В. А. 1937. Грунтовые воды прикаспийских и приуральских пустынь. Изд. ЛГУ.

- Симакова М. С. 1959. Методика картирования почв Прикаспийской низменности по материалам аэрофотосъемки. Автореф. канд. дисс., М.
- Симакова М. С. 1966. О полевом и камеральном дешифрировании аэрофотоснимков при составлении почвенных карт. «Почвоведение», № 2.
- Смирнов Л. Б. 1958. Дешифрирование аэрофотоснимков. Изд. ЛГУ.
- Солнцев Н. А. 1949. О морфологии природного географического ландшафта. Вопросы географии, сб. 16.
- Солнцев Н. А. 1950. Методика и результаты ландшафтных полевых исследований в Приокско-террасном заповеднике. Вестник МГУ, № 2.
- Солнцев Н. А. 1961. Некоторые дополнения и уточнения в вопросе о морфологии ландшафта. Вестник МГУ, № 3.
- Справочник гидрогеолога. Госгеолтехиздат, М, 1962.
- Стратиграфия четвертичных отложений и новейшая тектоника Прикаспийской низменности. Изд. АН СССР, 1953.
- Сукачев В. Н. 1947. Основы теории биогеоценологии. Юбил. сб. посвящ. 30-летию Окт. социал. революции, часть II Изд. АН СССР.
- Толчельников Ю. С. 1959. Применение материалов аэрофотосъемки при почвенных исследованиях. Вестник с.-х. наук, № 10.
- Толчельников Ю. С. 1960. Опыт крупномасштабного картирования почв по аэроснимкам методом ключевых участков. Сб. «Аэрометоды в природных исследованиях», т. X Тр. ЛАЭР, АН СССР.
- Указания по применению материалов аэрофотосъемки при разведке угольных месторождений. Ротонпринт ВНИИМ, Л., 1958.
- Файн Я. И. 1961. Применение аэрометодов при гидрогеологической съемке. Бюлл. науч.-техн. информации, № 4 (32). Госгеолтехиздат.
- Ферсман А. Е. 1927. Роль авиации в современной географии. Ниж. Новгород.
- Ферсман А. Е. 1929. Выступление на Первом Всесоюз. совещ. по аэрофотосъемке. В кн. «Избранные труды», т. 2. Изд. АН СССР, М.—Л., 1953.
- Физические основы и технические средства аэрометодов. Изд. «Наука», Л., 1967.
- Фридлянд В. М. 1962. Прикаспийская провинция светло-каштановых и бурых почв, солонцовых комплексов, песчаных массивов и пятен солончаков. Почвенно-географическое районирование СССР. Изд. АН СССР, М.
- Херсонский С. А. 1951. Генерализация элементов почвенного и растительного покрова на общегеографических картах. Тр. ЦНИИГАиК, вып. 76.
- Хоу Се-юй. 1958. Понятие о растительных индикаторах. Докл. зарубежных ученых. Делегатский съезд Всесоюз. бот. о-ва, Л.
- Шавырина А. В. 1959. Использование геоботанических признаков при поисках воды на целинных землях Кустанайской области. «Разведка и охрана недр», № 1.
- Шарков В. В. 1950. Опыт использования аэрометодов при геолого-геоморфологических исследованиях в условиях Голодной степи Казахстана. Тр. ЛАЭР, АН СССР, т. 2.
- Швыряева А. М. 1961. Использование результатов геоботанического дешифрирования аэроснимков при ландшафтных исследованиях в Северном Прикаспии. Сб. «Применение аэрометодов в ландшафтных исследованиях». Изд. АН СССР.
- Якушова А. Ф., Сягаев Н. А., Чистяков А. А. 1962. Методика и некоторые результаты структурно-геоморфологических исследований в восточном Предкавказье и северо-западном Прикаспии. Сб. «Структурно-геоморфологические исследования в Прикаспии» Госолтехиздат, М.
- Ярошенко П. Д. 1961. Геоботаника. Изд. АН СССР, М.—Л.
- Циккель Л. М. 1964. Инструментальный перенос геологической нагрузки с аэрофотоснимков на топографическую основу. Сб. «Методы дешифрирования аэрофотоматериалов при геологических исследованиях». Изд. «Недра», М.

- Allum J. A. E. 1960. Photo geological interpretation of areas of regional metamorphism. Bull. Inst. Mining and Metallurgy, No. 655.
- Burlingh P. 1960. The application of aerial photographs in soil surveys. Manual of photographic interpretation Amer. Soc. of photogram. chapter II, appendix A. W.
- Colwell R. 1946. The estimation of ground conditions from aerial photographic interpretation of vegetation types. Photogr. Engng., v. XII, no. 4.
- Colwell R. N. 1960. Some use of infrared aerial photography in management of wildland areas. Photogramm. Engng., vol. 26, no. 5.
- Fischer W. A. 1960. Interpretation of Geology from Aerial Photographs. Proceedings of the United Nations Seminar on Aerial Survey Methods and Equipment Bangkok.
- Guy M. 1964. Fotogeologie. Conference on principles and methods of integrating aerial survey studies of natural resources for potential development. Toulouse.
- Howe R. H. L. 1955. Prediction of Ground Water Conditions by Air Photo Interpretation. Ph. D. Thesis, Purdue Univ.
- Howe R. H. L., Wilke H. R. and Bloodgood D. E. 1956. Application of Air Photo Interpretation in the Location of Ground Water. JAWWA, vol. 48, no. 11.
- Howe R. H. L. 1960. The application of aerial photographic interpretation to the investigation of hydrologic problems. Photogrammetric Engineering, vol. 26, no. 1.
- Howe R. H. L. 1958. Procedures of applying air photo interpretation in the location of ground water. Photogram. Eng., vol. 24, no. 1.
- Krudener A. 1942. Atlas Standart Kennzeichnenden Pflanzen. Berlin. Wiking Verb.
- Lueder D. R. 1959. Aerial photographic interpretation, principles and applications. McGraw Hill Book Co., no. 4.
- Lohman S. W., Robinove C. I. 1962—1964. Photographic description and appraisal of water resources. "Photogrammetria", v. XIX, no. 3.
- Manual of Photographic Interpretation. American Society of Photogrammetry. Washington D. C. 1960.
- Meintzer O. E. 1927. Plants as indicators of ground water. U. S. Geol. Surv. Natur. Supply.
- Mollard J. D. 1962. Photo analysis and interpretation in engineering geology investigations: a review. "Revs Engng Geol.", vol. 1. New York.
- Moustafa G. A. 1961. Aerial photographs geological interpretation in Egypt. Intern. Archives Photogr., vol. XIII.
- Photo interpretation. 1962, 1964. I.T.C. Paris.
- Ray R. G. 1960. Aerial photographs in geologic interpretation and mapping. Geological survey professional. U. S. Government printing office. Washington.
- Reahder L. 1929. Grundlagen und Versuch einer Landschaftskundlichen Gliederung der nordlichen algerischen Sahara. Archiv Deutsch. Seewart, no. 2.
- Richel Ch. 1923. Traite de metaphysique. 2ème edition. Paris.
- Schneider W. J. 1966. Water Resources in the Everglades. Photogr. Engng., vol. XXXII, no. 6.
- Steiner D. 1967. Index to the use of aerial photographs in rural land studies. Aerial Interpretation, No. 7. Zurich.
- Thompson C. B. 1958. Importance of phreatophytes in water supply. Journ. of the Irrigation and Drainage Division, vol. 84, no. 141.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение . . . . .	3
<b>Глава 1. Современное состояние гидрогеологического дешифрирования</b>	<b>5</b>
<b>Глава 2. Гидрогеологическое дешифрирование</b>	<b>10</b>
Общие сведения . . . . .	—
Дешифрирование водозаборных сооружений . . . . .	14
Дешифрирование непосредственных водопроявлений . . . . .	19
Дешифрирование элементов рельефа, обусловленных деятельностью подземных вод . . . . .	24
Дешифрирование природных факторов, определяющих гидрогеологические условия . . . . .	27
Рельеф . . . . .	—
Горные породы . . . . .	32
Поверхностные воды . . . . .	38
Дешифрирование компонентов ландшафта, зависящих от грунтовых вод . . . . .	44
Почвы . . . . .	—
Растительность . . . . .	50
Дешифрирование гидрогеологических условий по морфологическим единицам ландшафта . . . . .	61
<b>Глава 3. Эталонирование аэрофотоснимков</b>	<b>65</b>
Основы метода . . . . .	—
Систематизация гидрогеологических эталонов . . . . .	75
<b>Глава 4. Гидрогеологическая экстраполяция</b>	<b>95</b>
<b>Глава 5. Методика картирования грунтовых вод по материалам аэрофотосъемки</b>	<b>103</b>
Предварительное камеральное дешифрирование . . . . .	—
Изучение литературных и фондовых материалов . . . . .	—
Предварительное дешифрирование аэрофотоснимков . . . . .	105
Составление проекта полевых исследований . . . . .	110
Полевые работы . . . . .	111
Рекогносцировка . . . . .	—
Аэрофотосъемочные работы . . . . .	—
Наземные работы на ключевых участках . . . . .	112
Дешифрирование методом экстраполяции . . . . .	116
Составление полевых карт . . . . .	—
Полевой контроль . . . . .	119
Окончательная камеральная обработка материалов . . . . .	120
<b>Глава 6. Примеры гидрогеологического картирования</b>	<b>122</b>
Картирование грунтовых вод в полупустыне . . . . .	—
Изучение подтакрырных линз грунтовых вод . . . . .	158
<b>Литература</b> . . . . .	<b>169</b>

НЕФЕДОВ КОНСТАНТИН ЕВГЕНЬЕВИЧ  
ПОПОВА ТАТЬЯНА АЛЕКСАНДРОВНА

**Дешифрирование грунтовых вод по аэрофотоснимкам**

Редактор *Г. Г. Доброумова*. Художник *В. А. Кубасов*  
Художественный редактор *В. А. Евтихийев*  
Техн. редактор *Г. В. Ивова*. Корректор *Б. А. Минц*

---

Сдано в набор 15/XI 1968 г. Подписано к печати 26/II 1969 г.  
Бумага 60 × 90<sup>1/2</sup>. Бум. л. 5,025 + вкл. Печ. л. 11,5. Уч.-изд. л. 12,24.  
Тираж 1000 экз. М-15188. Индекс ГЛ-155  
Гидрометеорологическое издательство.  
Ленинград, В-53, 2-я линия, д. № 23  
Заказ № 793. Цена 1 руб. 20 коп.

---

Ленинградская типография № 8 Главполиграфпрома  
Комитета по печати при Совете Министров СССР.  
Ленинград, Прачечный пер., д. 6.

1 руб. 20 коп.

**ГИДРОМЕТЕОИЗДАТ·1969·**