

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ СССР

ЗАПАДНО-
СИБИРСКАЯ
И ТУРАНСКАЯ
ПЛИТЫ

КНИГА 2

55 48721
44-62

Циженерная

геология СССР. Кн. 2.

1990 5=

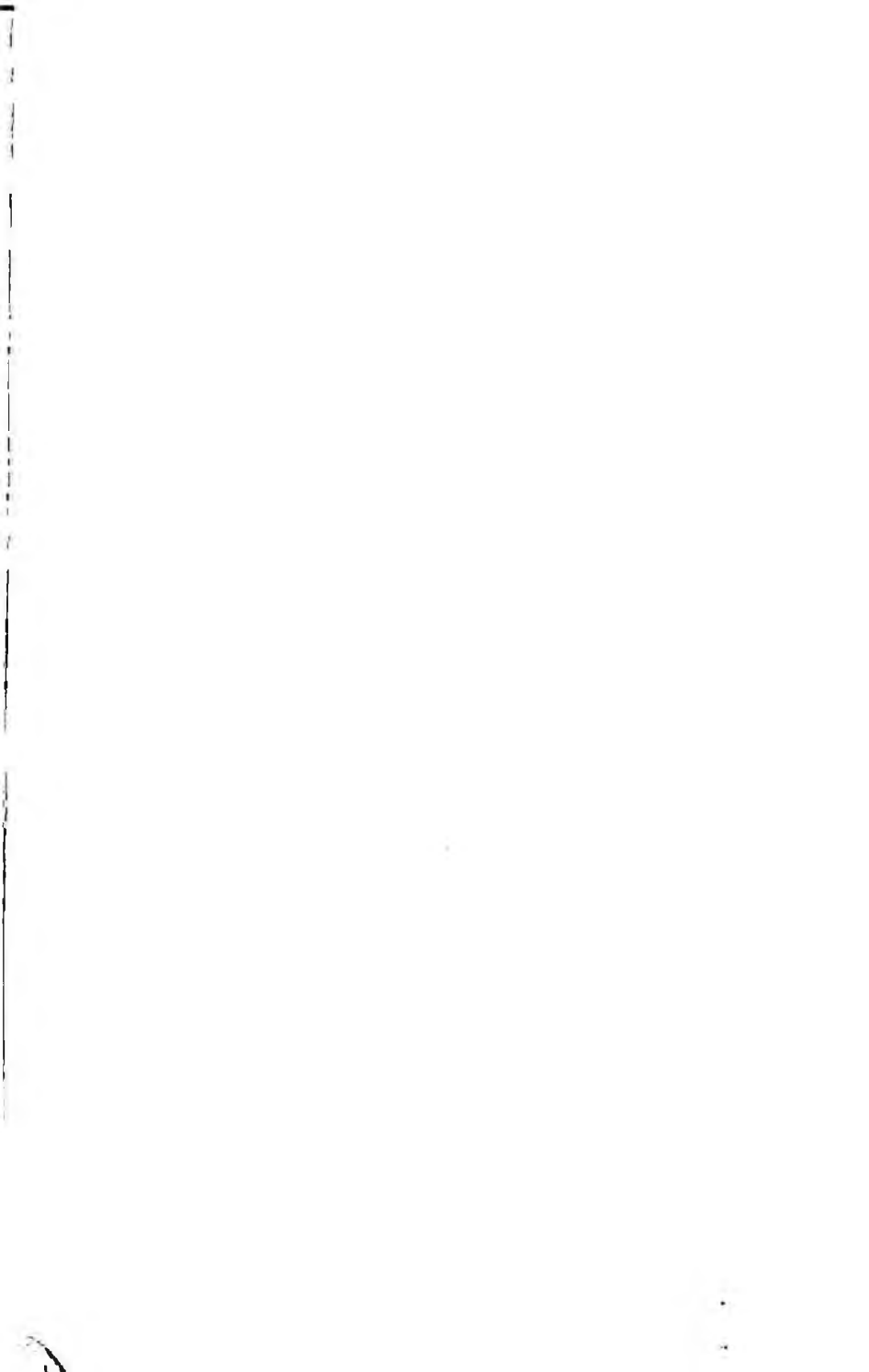
10.07.2000-146

Книга должна быть возвращена по
подписи указанного здесь срока

Количество экземпляров выдано

10/VIII-2000-146





2004

55
11-62

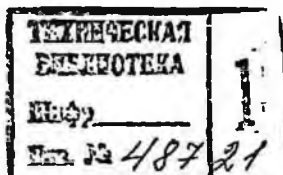
ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ СССР

ЗАПАДНО- СИБИРСКАЯ И ТУРАНСКАЯ ПЛИТЫ

В ДВУХ КНИГАХ

Под редакцией
В.Т. ТРОФИМОВА, Ю.Ф. ЗАХАРОВА,
А.С. ХАСАНОВА

КНИГА 2



Москва "Недра" 1990

ББК 26.3
1162
УДК 624.131

Редакционная коллегия: *Е. М. Сергеев* (главный редактор), *В. В. Баулин*, *В. П. Бочкарев*, *В. П. Волкова*, *В. П. Вонсавичус*, *Г. А. Голодковская*, *Б. В. Графок* (заместитель главного редактора), *С. Е. Гречищев*, *К. И. Джанджгава*, *С. Г. Дубейковский*, *Д. Г. Зилинг* (ответственный секретарь), *Г. А. Колпашиников*, *И. С. Комаров*, *М. М. Максимов*, *П. И. Мельников*, *Я. В. Неизвестнов*, *К. Н. Сычев* (заместитель главного редактора), *А. С. Хасанов*, *В. К. Шевченко*, *А. И. Шеко*, *Е. А. Яковлев*

Организация-спонсор Геологический факультет Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова

И 1804090000—124 120—90
043(01)—90

© Коллектив авторов, 1990

ISBN 5-247-02407-9

ISBN 5-247-02409-5

Раздел III

ОПЫТ ИНЖЕНЕРНО-ХОЗЯЙСТВЕННОГО ОСВОЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ И ИЗМЕНЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ПЛИТЫ

Глава 9

ОПЫТ ХОЗЯЙСТВЕННОГО ОСВОЕНИЯ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

9.1. Этапы хозяйственного освоения Западной Сибири

Хозяйственное развитие Западной Сибири тесно связано с сельскохозяйственным освоением земель и главным образом с изучением ее минерально-сырьевой базы. Однако по срокам они не совпадают, так как в отдельных случаях этапы освоения отстают от этапов изучения тех или иных минерально-сырьевых ресурсов. По темпам и характеру хозяйственного освоения Западной Сибири четко выделяются пять этапов.

Первый этап охватывает период до 1941 г. Минерально-сырьевая база Западной Сибири в это время была чрезвычайно мало изучена и вследствие этого слабо освоена. Хозяйственная деятельность была сосредоточена на юге региона, активное освоение которого началось с момента сооружения Великой Сибирской железнодорожной магистрали. Здесь развивались сельское хозяйство и промышленность.

В годы первых пятилеток (до 1940 гг.) в Новосибирске начинается развиваться машиностроение. В Барнауле создается центр текстильной промышленности. Построены новые линии железных дорог, соединяющих Западную Сибирь с южными республиками: Барнаул — Семипалатинск — Алма-Ата, Обь — Проектная (Кузбасс), Томск — Чулым.

Практически неосвоенными на этом этапе оставались центральные и северные районы, где суровый климат, отсутствие постоянных наземных путей сообщения и очень высокая стоимость освоения замедляли этот процесс.

Второй этап охватывает период с 1941 по 1959 гг. Эти годы также характеризуются интенсивным освоением юга Западной Сибири. Во время Великой Отечественной войны сюда были эвакуированы машиностроительные и станкостроительные заводы. Новосибирск, Томск и Барнаул становятся центрами машиностроения.

В послевоенные годы значительно укрепляются ведущие отрасли промышленности, которые сосредоточены в основном на юге Западной Сибири. Быстрыми темпами развивается Новосибирский промышленный комплекс, ставший крупнейшим на Востоке цент-

ром электротехнического машиностроения, радиотехники, станкостроения, важным центром индустрии. Омский район превращается в крупный центр нефтепереработки и нефтехимического производства. Томский промышленный район развивается как центр деревообрабатывающей и химической промышленности.

Вступила в строй Новосибирская ГЭС (1956—1960 гг.), построены отрезок Южно-Сибирской железнодорожной магистрали Артышта — Алтайская — Кулунда (1951—1955 гг.), железная дорога Камень-на-Оби — Карасук — Иртышская — Омск (1956—1960 гг.), нефтепроводы Туймазы — Омск и Омск — Новосибирск. Открыт Западно-Сибирский (Бакcharский) железорудный бассейн. Проводится разведочное бурение на нефть и газ в Среднем и Нижнем Приобье, изучены четыре крупных нефтегазодобывающих района: Березовский, Шанмский, Среднеобский и Восточный (Тазовское и Васюганское месторождения).

Сельское хозяйство, как и промышленность, сосредоточено на юге. С 1954 г. посевы зерновых культур расширены за счет освоения целинных и залежных земель. В Барабинской степи введена в действие осушительная сеть на 268 тыс. га земель, в Кулундинской степи — оросительная сеть на 37 тыс. га. Решающую роль в развитии сельского хозяйства играют Алтайский край, Новосибирская и Омская области, где сосредоточено 87 % всех сельскохозяйственных угодий Западной Сибири.

С 1960 г. после открытия в Западной Сибири месторождений нефти и газа начинается третий этап, который характеризуется тем, что центр хозяйственного освоения перемещается в более северные районы, в Среднее и Нижнее Приобье, Шаимский район. Начинаются работы по хозяйственному освоению месторождений нефти и газа. Создается Обь-Иртышский промышленный район (южная и центральная части Тюменской области, северные части Томской, Новосибирской и Омской областей). Центром освоения при этом становится Среднее Приобье, где создаются комплексы нефтегазодобывающей промышленности, строительный и др. Темпы освоения чрезвычайно высокие. Завершено сооружение нефтепровода Шаим — Тюмень (1964—1965 гг.), магистрального нефтепровода Тобольск — Усть-Балык — Омск (1965—1967 гг.), Александровское — Усть-Балык (1968—1969 гг.), газопровода Игрим — Серов — Нижний Тагил (1962—1964 гг.), к концу 1970 г. к магистральным трубопроводам подключены восемь нефтяных месторождений Среднего Приобья. Началось строительство железных дорог Аспино — Белый Яр и Ивдель — Обь. В 1966 г. началось строительство линии электропередач Тюмень — Усть-Балык — Сургут — Нижневартовск, а в 1968 г. — Сургутской ГРЭС. На участке линии Тюмень — Сургут сооружен уникальный переход через Обь с опорами высотой 188 м и массой 470 т каждая. Появились поселки городского типа: Нефтеюганск, Гориоправдинск, Пионерский.

Начато строительство Верхнекондинского, Тобольского, Сургутского и Нижнеобского лесопромышленных комплексов. Продолжа-

ются поисковые и разведочные работы в пределах северной части и восточного крыла платформ.

1970-е гг. начинают четвертый этап. Хозяйственное освоение продвинулось далее на север, где условия строительства еще более сложные. Началось освоение газовых месторождений севера Западной Сибири (Уренгойское, Медвежье и др.). В то же время продолжается освоение Среднего Приобья.

В 1970—1972 гг. сооружен трубопровод Александровское — Анжеро-Судженск, завершено создание большого нефтепроводного кольца Анжеро-Судженск — Александровское — Нижневартовск — Омск, опирающегося на транссибирский нефтепровод Туймазы — Иркутск.

В 1972 г. начались работы по сооружению нефтепровода Самотлор — Курган — Уфа — Альметьевск, вступил в эксплуатацию тысячекилометровый газопровод Нижневартовск — Кузбасс. Начато строительство газопровода Надым — Пунга и Тобольского нефтехимического комбината. Вступила в строй железная дорога Тюмень — Тобольск — Сургут, началось строительство ее ветки до Нижневартовска. Стали городами бывшие поселки городского типа Урай, Сургут, Нефтеюганск, Нижневартовск, Надым, Стрежевой и др.

В 1974 г. построен газопровод Ямал — Воркута. Газ Ямала начал поступать в центральные европейские регионы и за пределы страны. Развернулось промышленное освоение газового месторождения Медвежье. За период с 1971 по 1975 г. построено 5 тыс. км трубопроводов, 7 тыс. км ЛЭП, сооружено 272 мостовых перехода, железнодорожные и речные вокзалы, аэропорты.

Вместе с тем продолжается разведка на нефть и газ. Основной объем разведочного бурения приходится на нефтеносные районы Средней Оби и газоносные районы севера плиты.

1980-е гг. открывают пятый, современный, этап освоения Западной Сибири. Он характеризуется тем, что начинаются комплексное хозяйственное обустройство открытых на севере (Ямал, Гыданский и Тазовский п-ова) месторождений нефти и газа, строительство нефте- и трубопроводов, а также автомобильных дорог в условиях мерзлых и сильноувлажненных грунтов (Самотлорское, Уренгойское, Ямбургское месторождения и т. д.), обустройство вновь построенных городов и специализация городов Западной Сибири по ведущим отраслям промышленности. При этом особое внимание уделяется разработке природоохранных мероприятий в условиях многолетней мерзлоты.

В этот период вступили в строй ветка железной дороги Нижневартовск — Уренгой (от Тюмени) и газопроводы Уренгой — Тюмень — Челябинск и Надым — Пунга. Продолжается строительство и начата частичная эксплуатация Тобольского нефтехимического комбината. Проведены изыскания и начато строительство железной дороги на Ямале.

Таким образом, на территории Западной Сибири по степени хозяйственного освоения можно выделить три типа территорий.

1. Территория, которая расположена в основном к югу от транссибирской магистрали и характеризуется площадным освоением. Именно здесь сосредоточены крупные города (с населением от 1 млн. до 300 тыс. чел.) с хорошо развитой промышленностью — машиностроением (Новосибирск, Омск, Барнаул, Бердск, Куйбышев, Бийск, Рубцовск), химической (Омск, Барнаул, Новосибирск), нефтеперерабатывающей (Омск, Томск), текстильной (Барнаул, Бийск, Омск), пищевой, строительных материалов и т.д. Интенсивно развивается сельское хозяйство (зерновое) на осушаемых (Барабинская равнина) и поливных (Кулундинская степь) землях. Построена Новосибирская ГЭС, создано Новосибирское водохранилище, функционирует канал Иртыш — Караганда. Широко развиты железнодорожная и автодорожная сети, связывающие практически все населенные пункты. Плотность населения 10—125 чел./км², вокруг городов — до 50 чел./км².

2. Территория, расположенная между Транссибирской магистралью и широтным отрезком долины Оби. Освоенные территории здесь приурочены в основном к речным долинам: вдоль долин проложены магистральные газо- и нефтепроводы, железнодорожные и немногие автодороги. Построены современные города (Сургут, Нижневартовск, Нефтеюганск, Стрежевой), реконструируются и расширяются старые (Тюмень, Тобольск, Томск, Ханты-Мансийск, Александровское, Каргасок и др.), проложены железнодорожные пути, связывающие этот район с центральными, проводится обустройство нефтяных и газовых месторождений, на попутном газе начала действовать Сургутская ГРЭС, строится Тобольский нефтекомбинат. Специализация городов и населенных пунктов связана с развитием нефтяной, нефтеперерабатывающей, лесной, пищевой и деревообрабатывающей промышленности. Действуют многочисленные леспромхозы. Накопленный опыт строительства имеет ограничение как по срокам эксплуатации сооружений (5—20 лет), так и по типам сооружений (главным образом линейные, городские).

3. Территория, расположенная к северу от широтного отрезка долины Оби. Здесь активное освоение территории началось относительно недавно и связано со строительством газо- и нефтепроводов, обустройством нефтяных и особенно газовых месторождений, отдельных веток железных дорог, строительством населенных пунктов, бурением поисковых и разведочных скважин. Опыт строительства незначителен как по объему, так и по срокам. Большая часть территории практически не освоена.

9.2. Создание и функционирование градопромышленных природно-технических систем

Создание Западно-Сибирского нефтегазового комплекса потребовало приезда и расселения в регионе в течение двух десятилетий почти 1,5 млн. чел. Необходимость быстрого размещения такого

большого числа людей в районах со сложными природно-климатическими и инженерно-геологическими условиями вызвала стремительный рост гражданского строительства и образование крупных городских агломераций: городов Сургут, Нижневартовск, Нефтеюганск, Стрежевое, Урай, Ноябрьск, Уренгой, Надым. Все эти и другие населенные пункты Западно-Сибирского нефтегазового комплекса располагались в непосредственной близости от крупных нефтяных и газовых месторождений и оказались тесно связанными с ними всей своей инфраструктурой, в первую очередь, за счет размещаемых в городской черте промышленных баз и ремонтных предприятий нефтегазодобывающих и нефтегазотранспортных объединений. Административные центры национальных округов, образующих территорию Западно-Сибирского нефтегазового комплекса — Ханты-Мансийск и Салехард — оказались вдали от месторождений и заметно отстали в своем росте от названных выше центров нефтегазодобывающих районов. Развитие нефтяной и газовой промышленности дало импульс ускоренному, но достаточно одностороннему росту областных центров Западно-Сибирского нефтегазового комплекса — Тюмени и Томску. Ускоренное промышленное и гражданское строительство велось и в остальных областных центрах региона — Новосибирске, Омске, Кургане и ряде районных центров этих областей.

Быстрорастущие города нефтегазоносных районов с их специфическими, развитыми, громоздкими и разветвленными инфраструктурами образуют крупные природно-технические системы (ПТС), вызывающие интенсивные и глубокие изменения в больших массивах геологической среды, но по характеру и масштабам уступающие аналогичным возмущениям, связанным с воздействием промысловых ПТС региона. Однако реальные изменения геологической среды, которые учитывались при проектировании градопромышленных ПТС, по целому ряду причин оказались во многом не соответствующими прогнозным. Эти непредвиденные отклонения существенно затрудняют функционирование этих систем, приводя к расстройству грунтовых оснований и деформациям фундаментов многих объектов.

Во всем Западно-Сибирском нефтегазовом комплексе нет ни одной градопромышленной ПТС, где бы ни были зафиксированы деформации объектов, вызванные инженерно-геологическими причинами. С удалением на север в районы с более сложными инженерно-геологическими условиями масштабы этих нежелательных явлений возрастают. Основными причинами являются криогенное пучение промерзающих водопасыщенных грунтов, чрезмерные осадки грунтовых оснований при развитии термокарста, неравномерном уплотнении грунтов под статическими и динамическими нагрузками и под воздействием обводнения грунтов, развитие эрозийных процессов и усиленная коррозия металла и железобетона заглубленных конструкций и коммуникаций. В зоне слабоувлажненных пород наблюдаются деформации зданий, сооружений и коммуникаций, вызванные просадками лёссовых грунтовых осно-

ваний при антропогенном обводнении грунтовых массивов (Новосибирск, Омск).

Анализ создания подавляющего большинства городов и промышленных узлов Западно-Сибирского нефтегазового комплекса позволяет обнаружить несколько четких закономерностей. Все крупные пункты региона располагаются на берегах судоходных рек Обского бассейна. Строительное освоение этих территорий начиналось с наиболее дренированных и наименее заболоченных участков, которыми оказывались преимущественно поверхности вторых надпойменных террас. Застроив эти земли в «пионерный» этап создания рассматриваемых ПТС в основном деревянными одно- и двухэтажными зданиями административно-хозяйственного, промышленного и жилищно-гражданского назначения, строители были вынуждены впоследствии капитальные многоэтажные здания возводить на «пseudобьях» и болотах, проводя поспешно и в больших объемах трудоемкую и дорогостоящую инженерную подготовку.

Другая закономерность — быстрый рост градопромышленных ПТС, намного опережающий обычные общесоюзные темпы градостроительства. Стратегию роста и структуру ПТС обычно диктовали запасы нефти и газа в районе, его транспортные возможности и директивные решения. Повсеместно стремительное развитие рассматриваемых ПТС протекало односторонне, с большим запаздыванием инженерного обеспечения и строительства объектов социально-культурного и бытового назначения, с крупными повреждениями и загрязнениями больших объемов геологической среды, с почти полным сведением лесной растительности, с отсутствием или малоэффективным ливневым стоком. Отставание общегородских коммунальных и инженерных служб, характерное практически для всех градопромышленных систем Западно-Сибирского нефтегазового комплекса, наложило серьезный негативный отпечаток на состояние их геологической среды и вызвало многие трудноустраняемые опасные повреждения коммуникаций, деформации фундаментов, затопление подвалов и инженерных сетей. Несмотря на столь бурный рост градопромышленных систем Западно-Сибирского комплекса, они безнадежно отстали от еще более стремительного развития нефтегазодобывающих ПТС региона. Возникший по этой причине дефицит трудовых ресурсов потребовал принятия таких мер, как круглогодичное гражданское строительство даже в популярных районах, включая непрерывную инженерную подготовку территорий и сооружение нулевых циклов объектов, и вызвал к жизни вахтово-экспедиционный метод освоения нефтяных и газовых месторождений. Использование вахтового метода, при котором месторождения осваивают буровики, строители, нефтяники с Украины, из Молдавии и южных областей РСФСР обусловило необходимость создания своеобразных придатков промысловых ПТС — вахтовых поселков. Такие селитебные блоки многих нефтегазопромысловых комплексов, образованные двух-, реже одноэтажными зданиями в крупнопанельном и объемно-блочном исполнении значительно усложнили структуру и затруднили функционирование

рассматриваемых ПТС. Этот кажущийся эффективным метод проявил и свои негативные стороны. В первую очередь, он нанес ощутимый ущерб окружающей природе и в том числе геологической среде деятельностью «временного» работника, лишенного чувства хозяина этих систем и одержимого только одной заботой: выполнить план любой ценой, не считаясь ни с какими ограничениями, в том числе и природоохранного характера.

Общезвестной негативной тенденцией в создании рассматриваемых ПТС является ведомственный характер застройки городских территорий. Все основные природопользователи региона — нефтяники, газовики, геологи, строители, энергетики, лесники, речники, рыбаки, авиаторы — начинают свое участие в освоении нефтегазоносных районов со строительства ведомственных поселков, которые впоследствии обычно превращаются в самостоятельные микрорайоны градопромышленных ПТС. Каждое ведомство было вынуждено строить в своих поселках небольшие, малоэффективные и даже временные котельные, электростанции, инженерные сети, дороги, очистные сооружения, промышленные базы, предприятия торговли и другие объекты жизнеобеспечения его работников, совершенно не рассчитанные на удовлетворение общегородских потребностей, поэтому структура градопромышленных ПТС оказывалась крайне сложной и мозаичной. Микрорайоны таких ПТС оказались очень неравноценными по своим параметрам, включая силу воздействия на геологическую среду и степень ее защиты и охраны, так как соорудившие их ведомства имели далеко не равные возможности и руководствовались различными потребностями. Часто в пределах жилых частей ПТС оказываются многочисленные ведомственные промышленные зоны.

Из-за бытовавшего долгое время «остаточного подхода» к строительству жилья в рассматриваемых системах значительные участки пригородных к строительству участков оказались занятыми так называемыми «вагон-городками», мало приспособленными для постоянного проживания, особенно семейных жителей. Ликвидация таких временных городков связана с чрезвычайными трудностями и пока нигде не дала желаемых результатов. Разработчикам генеральных планов таких городков приходилось учитывать сложившиеся системы расселения их жителей.

Такой негативный, некомплексный и во многом противоречивый путь создания рассматриваемых систем привел к крайне неравномерному и неоднозначному воздействию человека на геологическую среду быстрорастущих западно-сибирских городов. Реакция геологической среды на такое непродуманное воздействие была столь же неравномерной и во многом непредвиденной. Неподготовленность городских служб к интенсивному техногенному обводнению поверхностных отложений в черте городской застройки и заболачиванию ее обширных участков, оттаиванию многолетнемерзлых пород и промерзанию талых, быстрому поражению овражной эрозией городских территорий, многочисленным повреждениям зданий, сооружений и коммуникаций приводила в целом ряде районов

(Нижневартовск, Нефтеюганск, Уренгой и др.) к возникновению сложных ситуаций, устранение которых требовало экстренного принятия чрезвычайных и дорогостоящих мер.

Еще одна закономерность в создании градопромышленных ПТС — крайне небережливое отношение градостроителей к природной среде. Лес, безжалостно сведенный при строительстве практически на всей территории градостроительных систем, впоследствии оказался невозстановимым. Отсутствие почвенно-растительного покрова на участках инженерной подготовки застраиваемых земель и его чрезмерное повреждение на остальной части ПТС способствуют усиленной инфильтрации атмосферных осадков в грунт и его повышенной размываемости, образованию грязи в периоды сильной увлажненности грунта и запыленности атмосферы в сухое время года. Окрестности рассматриваемых систем, или так называемая их «зеленая зона», изуродованы гусеничным транспортом и многочисленными мелкими карьерами. Большинство водоемов в черте городов и вблизи них захламляются строительным и бытовым мусором и гниющей древесиной.

В создании градопромышленных ПТС региона принимают участие свыше 120 проектных институтов, контор и бюро, принадлежащих различным министерствам и ведомствам. Инженерно-геологические изыскания для их проектирования проводят здесь более 60 изыскательских организаций, большинство из которых также находится за пределами региона. Столь пестрая ведомственная принадлежность проектных и изыскательских организаций, разобщенность их и слабая осведомленность в местных инженерно-геологических условиях усугубляют сложность и противоречивость строительного освоения ранее почти не затронутых человеком территорий. Все эти организации, работая в прежде совершенно не изученных в инженерно-геологическом отношении районах, постоянно подгоняемые заказчиками, получают совершенно неравноценные и часто несопоставимые материалы. В такой ситуации инженерно-геологическая обоснованность многих проектных решений остается недостаточной, а ведомственный подход вызывает существенные противоречия между многими из них. Все это обуславливает невысокую надежность проектируемых объектов и слабую сохранность их геологической среды. Отсутствие в регионе головной специализированной инженерно-геологической организации, наделенной соответствующими правами и призванной увязывать принимаемые проектные решения, прогнозировать последствия реализации всего их комплекса и согласовывать все природопреобразующие действия, приводит к возникновению непредвиденных серьезных ситуаций, угрожающих надежности объектов, жизни людей и сохранности окружающей природы. Только создание общегородских служб геологического мониторинга, которые уже появились в ряде газодобывающих природно-технических служб региона, может прекратить опасные антропогенные геологические процессы и предотвратить их серьезные последствия.

Создание большинства градопромышленных ПТС Западно-Си-

бирского нефтегазового комплекса как и его нефтегазопромысловых систем начинается с крупномасштабной инженерной подготовки достаточно обширных площадей, подлежащих застройке. На приречных территориях такая подготовка осуществляется посредством гидронамыва песков, а на значительном удалении от водотоков и водоемов — с помощью мощных подсыпок. На переувлажненных участках прокладывают дренажную сеть. Ежегодный объем планировочных земляных работ в градопромышленных районах региона измеряется сотнями тысяч кубических метров грунта. Трудоемкость и высокая стоимость этого вида строительного освоения территорий градопромышленных районов усугубляются дефицитом песчаных грунтов, пригодных для этих целей, их длительным мерзлым состоянием, заболоченностью и заторфованностью их поверхности, климатическими ограничениями сезона гидронамыва, превращают инженерную подготовку в нежелательный, но необходимый этап создания градопромышленных ПТС. Уменьшение объемов инженерной подготовки приводит впоследствии к неизбежному обводнению и заболачиванию поверхности городских территорий и оборачивается еще большими затратами сил и средств, а главное, снижением надежности объектов и ухудшением условий проживания людей. Неравномерное пионерное освоение территорий градопромышленных систем исключает из обычной инженерной подготовки значительные участки, занятые одноэтажной деревянной застройкой и находящиеся под «вагон-городками», так как из-за постоянной и острой нехватки жилья освободить эти участки от «временных» строений практически невозможно. Поэтому рост градопромышленных ПТС связан здесь с неоправданным увеличением объемов инженерной подготовки малоприспособленных для этих целей земель (заболоченных, затопляемых, пораженных геологическими процессами, со слабыми, пучинистыми и тиксотропными грунтами). Но для вовлечения таких участков в строительное освоение потребовалось научно обоснованное определение достоверных величин осадки заторфованных грунтов и торфов в времени их консолидации, оптимальной мощности пригружающего слоя.

В аналогичной ситуации оказались и все областные центры региона, где запрет на строительство на сельскохозяйственных землях вызвал рост градопромышленных систем за счет застройки таких же «неудобий» и соответственно потребовал больших объемов их инженерной подготовки.

Деформации первых пятиэтажных зданий в градопромышленных системах Среднего Приобья, возведенных в Сургуте, Нижневартовске и Нефтеюганске на суглинисто-супесчаных грунтах надпойменных террас Оби, заставили строителей Западно-Сибирского нефтегазового комплекса отказаться от традиционных ленточных фундаментов и полностью перейти на свайные. Однако из-за ограниченного числа испытаний свай и неполноты материалов инженерных изысканий проектировщики обычно занижают несущую способность грунтов и увеличивают число свай в фундаментах объектов. Но даже такие решения не избавляют некоторые здания от не-

равномерных деформаций из-за некачественного устройства свайных полей и резких изменений инженерно-геологических условий городских территорий.

В большинстве градопромышленных систем прокладка всех инженерных сетей производится методом «коридоров коммуникаций». В этом случае при бесканальном способе сети укладывают в один короб, а в случае подземной прокладки — в один коллектор, что облегчает их создание и обслуживание, а тепловое влияние теплотрассы предохраняет их от промерзания. Но такая совмещенная прокладка предъявляет более высокие требования к надежности этих систем, поскольку выход из строя одной из коммуникаций приводит к отказу всех инженерных сетей.

Практически все гражданское и промышленное строительство в Западно-Сибирском нефтегазовом комплексе осуществляется полностью из привозных строительных конструкций, все домостроительные комбинаты региона работают на привозных материалах. Кроме ограниченного объема кирпича и керамзита, здесь ничего не производится. Завоз больших объемов строительных материалов осуществляется по Оби, Иртышу и их крупным притокам, а также Северным морским путем и, конечно, по железным дорогам.

При создании градопромышленных ПТС в акваториях речных портов пришлось выполнить большие объемы гидротехнического строительства по сооружению крупных высокомеханизированных причалов, способных принимать крупногабаритные грузы большой единичной массы. Одновременно для поддержания заданных глубин судоходства многочисленными земснарядами ежегодно производятся дноуглубительные работы. К сожалению, в рассматриваемых системах не получили развития берегоукрепительные работы, и по этой причине большие ценные приречные участки, повсеместно сложенные легкоразмываемыми грунтами, ежегодно уничтожаются паводковыми водами в условиях высокого и длительного половодья на реках Обского бассейна.

Западно-Сибирский нефтегазовый комплекс является поставщиком большого объема деликатесной рыбной продукции, производимой градопромышленными ПТС. В связи с заметным снижением уловов ценных рыб начато интенсивное рыбозаведение, для чего строятся системы рыбозаводных цехов, выростных и откормочных прудов или приспособляются существующие водоемы (углубляются и очищаются от наносов, уничтожаются местные малоценные сорта рыб). Такое рыбохозяйственное строительство осуществляется главным образом на компенсационной основе за счет средств Министерства нефтяной промышленности СССР и Министерства газовой промышленности СССР, предприятия которых наносят заметный ущерб рыбным запасам, загрязняя промышленными стоками реки и озера региона¹. В зимний период для борьбы с заморны-

¹ Ежегодный ущерб, наносимый рыбной промышленности региона нефтяной и газовой промышленностью, давно превысил 100 млн. руб. Фоновое содержание нефтепродуктов в водах Оби и Иртыша устойчиво превышает предельно допустимые концентрации в 8—10 раз.

ми явлениями производят аэрирование многих водоемов, существенно изменяющее их гидродинамический и гидрохимический режимы. В последние годы в практику рыбодобычи интенсивно внедряются различные виды заградителей водотоков, включая сильные электрозаграждения, меняющие электрические поля прилегающих территорий.

Жизнедеятельность населения всех градопромышленных ПТС Западно-Сибирского нефтегазового комплекса протекает в более тесном взаимодействии с окружающей природной средой, нежели в других районах страны. Природопреобразующая деятельность человека в рассматриваемых системах определяется неизмеримо более мощными средствами производства, находящимися в распоряжении обитателей этих систем, и явно недостаточным вниманием их проектировщиков и эксплуатационников к взаимодействию с геологической средой. Убедительное свидетельство этого — отсутствие или низкая эффективность ливневого стока в рассматриваемых ПТС, постоянные утечки из водонесущих коммуникаций, повышение уровня грунтовых вод из-за неравномерного промерзания грунтов и непродуманного освоения территории. Недостаточность ассигнований, предусматриваемых проектировщиками на охрану и защиту геологической среды, хроническое и повсеместное неосвоение этих ограниченных средств, психология «временного жителя» усиливают интенсивность воздействия человека на геологическую среду и масштабы ее негативных изменений. Все это приводит к деформациям зданий, сооружений и коммуникаций, преждевременным отказам оборудования, загрязнению и повреждению окружающей природы.

Рассмотренные выше процессы создания и функционирования градопромышленных ПТС Западно-Сибирского нефтегазового комплекса обусловили низкую эффективность повторного использования материалов инженерно-геологических изысканий по причине коренного изменения инженерно-геологических условий, существовавших до начала освоения региона и зафиксированных изыскателями времен пионерной застройки городов и промузлов.

9.3. Создание и функционирование нефтегазопромысловых и нефтегазотранспортных природно-технических систем

Освоение нефтяных и газовых месторождений Западной Сибири имеет четко выраженную тенденцию перемещения с юга на север в районы с более сложными инженерно-геологическими условиями. Эта тенденция вызвана стратегией первоочередного ввода в разработку ресурсов наиболее удобно и близко расположенных к промышленным центрам и транспортным магистралям. В последнее время все чаще объекты нефтяной и газовой промышленности возводятся на малопригодных для строительства территориях морских и озерно-аллювиальных аккумулятивных равнин Надым-Пур-Тазовской и Ямальной областей. Другая тенденция в развитии рассматриваемых ПТС, вызванная постоянным стремлением обес-

печить их наибольшую производительность, заключается в увеличении технической и энергетической вооруженности человека, оказывающего тем самым более глубокое воздействие на геологическую среду. Не менее тревожна тенденция к ускорению темпов нефтегазопромыслового и нефтегазотранспортного строительства, зачастую намного опережающих возможности технологического контроля за его качеством и авторского надзора проектных институтов. Эти тенденции не всегда учитывались в практике проектирования строительства и тем самым обусловили недостаточную надежность ряда объектов нефтяной и газовой промышленности и не обеспечили сохранность их геологической среды. Этому обстоятельству по многом способствовали исполнота наших знаний о взаимодействии таких объектов со сложной и динамичной геологической средой региона, чрезвычайное разнообразие применяемых типов, размеров, веса строительных конструкций, глубины и способов заложения фундаментов, нагрузок на грунты, методов инженерной подготовки строительных и буровых площадок и все возрастающие объемы нефтегазопромыслового и нефтегазотранспортного строительства. В то же время высокая пожаро- и взрывоопасность практически всех объектов рассматриваемых систем, а также не менее высокая их экономическая значимость вступают в противоречие с указанными тенденциями снижения надежности этих объектов¹.

Создание нефтегазопромысловых ПТС начинается с проведения «геологоразведочных работ», образующих первый блок в структуре рассматриваемых систем и определяющих характер и параметры их дальнейшего функционирования. Основные элементы этого блока — бурение сейсморазведочных, геологосъемочных, поисково-разведочных на строительные материалы и изыскательских скважин, бурение и испытание нефтегазопоскоковых и разведочных скважин, строительство поселков и баз геологоразведочных экспедиций и партий, лежневых и ледово-грунтовых дорог и т. п. Эти элементы оказывают первые и самые глубокие воздействия на геологическую среду и позволяют оценить ее реакцию. Большие объемы геологоразведочного бурения обуславливают вовлечение в сферу воздействия описываемых объектов огромных массивов геологической среды мощностью до 5 км. В этих сферах развиваются интенсивные и труднопредсказуемые геологические процессы, существенно меняющие тепловые, геомеханические, гидрохимические, гидродинамические и геофизические поля. Наибольшим распространением среди них пользуются перераспределения давления и минерализации подземных вод между ранее изолированными пластами при их вскрытии и опробовании, а также по законсервированным геологоразведочным скважинам из-за их плохого цементирования и неисправностей колонн обсадных труб.

¹ Неожиданное прекращение подачи западно-сибирского газа в европейские районы страны в зимний период равноценно общенациональной катастрофе с непредсказуемыми последствиями.

Объемы геологоразведочных работ в Западной Сибири постоянно растут. Открытия тюменских и томских геологов неоднократно вносили изменения в утвержденные схемы развития нефтяной и газовой промышленности региона. Однако в ходе поисково-разведочных работ на нефть и газ безвозвратно теряется огромная по объему инженерно-геологическая информация, столь необходимая для проектирования нефтегазопромысловых и нефтегазотранспортных ПТС, на получение которой впоследствии приходится затрачивать много сил и средств.

По природообразующему значению, силе и разнообразию воздействия на геологическую среду, объему капиталовложений в структуре техносферы рассматриваемых систем нет равных блоку «строительства» их объектов. Нефтегазопромысловое и нефтегазотранспортное в Западной Сибири в силу особой сложности ее инженерно-геологических условий требует выполнения больших объемов трудоемких инженерных работ по приданию геологической среде свойств и качеств, необходимых для надежного и эффективного функционирования будущих ПТС. Среди разнообразных элементов этого блока наиболее масштабные изменения геологической среды вызывают инженерная подготовка застраиваемых территорий, строительство нулевых циклов объектов, мелиоративные и природозащитные мероприятия.

Нефтегазопромысловое, нефтегазотранспортное и нефтегазоперерабатывающее строительство в Западной Сибири велось и ведется по проектам, разработанным почти 80 институтами, находящимися в различных городах страны. Его инженерно-геологическим обеспечением занято свыше 50 изыскательских организаций преимущественно из городов европейской части страны и потому недостаточно сведущих на первых этапах работы в изысканиях в районах развития многолетнемерзлых пород (ММП) и заболоченных массивах¹. Тем более, что необходимые для проектирования закономерности изменений водно-теплого режима грунтов за короткий период изысканий установить невозможно. Помощь в этом вопросе коллективов, занимающихся инженерно-геологическими исследованиями в регионе (ПНИИИС, МГУ, ВСЕГИНГЕО, Гипротюменнефтегаз, ТюменНИИГипрогаз и др.), не могла охватить все одновременно проектируемые ПТС.

В силу высокой ответственности, большой стоимости и сложности нефтегазопромысловых и нефтегазотранспортных систем их проектирование осуществляется в две стадии с обязательным составлением детального технико-экономического обоснования. К сожалению, несовершенство существующих общесоюзных нормативно-методических документов, регламентирующих проектирование и инженерные изыскания, ограничивает их использование в нефтегазопромысловом и нефтегазотранспортном строительстве; к тому

¹ Так, головной изыскательской организацией по объектам б. Мингазпрома, в том числе и в Западной Сибири, определен Союзгазпроект (г. Киев), а основной объем изысканий под строительство северных газопроводов выполняет ЮжНИИГипрогаз (г. Донецк).

же действие таких документов не распространяется на большинство районов Западной Сибири, в которых оно ведется. Большой ущерб надежности рассматриваемых систем был нанесен известной отменой изысканий на стадии технико-экономического обоснования и сокращением опережающих проектных инженерно-геологических съемок и исследований. В тех ПТС, где до их проектирования удалось провести мерзлотно-инженерно-геологическую съемку, были приняты более обоснованные варианты пространственных структур проектируемых систем, а также конструктивных и объемно-планировочных решений их объектов (например, Русское месторождение). Но там, где размещение объектов производилось без заблаговременного инженерно-геологического обеспечения, отмечались деформация и неисправности объектов, вызванные непредвиденными инженерно-геологическими процессами. Устранение их последствий потребовало больших объемов дорогостоящих ремонтно-восстановительных и рекультивационных работ, несоизмеримых с новым строительством. В отдельных случаях пришлось перемещать такие объекты и даже целые комплексы.

Уникальные по сложности инженерно-геологические условия территорий Западно-Сибирского нефтегазового комплекса и специфика создания и функционирования рассматриваемых ПТС требовали широкого использования при инженерной подготовке строительных площадок подсыпки или гидронамыва по всей площади участка строительства, устройства песчаных подушек, ландшафтной планировки поверхности (срез холмов, засыпка понижений, оврагов, промоин, устройство выемок, подрезка склонов и т. п.), выторфовки и удаления почвенно-растительного слоя, уплотнения торфа пригрузом (подсыпки), создания горизонтального, а иногда и вертикального дренажей по всему участку строительства, устройства пристенных или пластовых дренажей, предпостроечного протаивания многолетнемерзлых пород или промораживания талых грунтов, устройства мерзлотных валиков, гидравлических завес и экранов; замены сильнольдистых, слабых и лучинистых грунтов; уплотнения насыпных и намывных грунтов трамбовкой, закрепления их различными вяжущими материалами и другими методами технической мелиорации грунтов.

Земляные работы — основной способ инженерной подготовки — ежегодно преобразуют значительные территории в Западно-Сибирском регионе. В связи с многочисленностью и рассредоточенностью объектов нефтегазопромыслового и нефтегазотранспортного строительства ежегодный объем земляных работ в последние годы приблизился к 50 млн. м³. При этом прослеживается тенденция к увеличению доли гидронамыва (с 4 % в 1974 г. до 12 % в 1986 г.) в общем объеме земляных работ и росту мощности отсыпного слоя в связи с выходом газовой промышленности в районы с льдистыми ММП. Увеличение толщины подсыпки в грунтовых основаниях объектов приполярных ПТС продиктовано также сильной пылеватостью местных песков озерно-аллювиальных и морских позднечетвертичных равнин. Даже гидронамыв не в состоянии существенно

уменьшить количество пылеватых частиц в грунтах, используемых в насыпных основаниях.

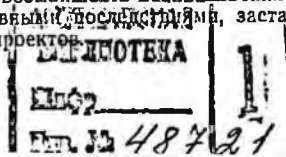
Столь массивное преобразование ландшафтов, особенно криолитозоны, вызывает в ряде ПТС интенсивную деградацию мерзлоты даже в участках с низкотемпературными ММП. В то же время многие виды земляных работ в области глубокого сезонного промерзания приводят к новообразованию многолетнемерзлых толщ или к увеличению их размеров и понижению температуры.

Строительство нулевых циклов объектов нефтегазопромисловых, нефтегазотранспортных и нефтегазоперерабатывающих ПТС в регионе включает открытие строительных котлованов и траншей коммуникаций; возведение насыпей дорог, взлетно-посадочных полос, вертолетных и буровых площадок; водоотлив из котлованов и траншей; забивку и вмораживание свай; сооружение поперечных и продольных монолитных и сборных ростверков; устройство ленточных и столбчатых фундаментов; укладку и испытание инженерных сетей; обратную засыпку пазух котлованов и траншей с поверхностным или послойным уплотнением грунта; устройство вентилируемых подполий и каналов.

Инженерная подготовка и сооружение нулевых циклов объектов — наименее механизированные и наиболее трудоемкие этапы нефтегазопромислового строительства. Именно на этих этапах создания ПТС возникают основные прямые и обратные связи между техно- и геосферой этой системы и определяется надежность и долговечность ее объектов. Недоуплотнение отсыпаемого грунта и использование грунтов, параметры которых не соответствуют заданным, с большой примесью снега, льда, торфа и растительных остатков, обуславливают невысокую надежность нулевых циклов объектов. В регионе, где стоимость работ нулевого цикла на объектах обустройства месторождений и транспортировки газа и нефти составляет 20—25 % общей стоимости строительно-монтажных работ, выбор оптимальных проектных решений и их качественная реализация превращаются в важнейшую народнохозяйственную задачу.

Обводненная и заболоченная поверхность практически всех рассматриваемых систем Западно-Сибирского региона поставила перед их создателями чрезвычайно трудно преодолимые препятствия. Гидрологические, геокриологические и инженерно-геологические исследования позволили отказаться от предлагаемого рядом проектировщиков глубокого осушения заболоченной поверхности проектируемых ПТС¹ и перейти к полосному осушению, суше-

¹ Предложенный рядом ученых и проектировщиков спуск оз. Самотлор и осушение территории Самотлорского месторождения нефти, представляющие собой несложные мелноразмерные акции, должны были значительно упростить его строительное и промышленное освоение. Однако опасность возгорания осушенного торфяника, повсеместно контактирующего с нефте- и газосодержащими коммуникациями и сооружениями, и возможность возникновения на осушенных массивах ММП со всеми их негативными последствиями, заставили отказаться от реализации таких эффективных проектов.



ственно упрощающему строительство и облегчающему эксплуатацию коридоров коммуникаций.

Устройство дренажа промышленных площадок в районах глубокого сезонного промерзания приносит часто малый эффект из-за новообразования ММП в осушаемых насыпных и коренных грунтах. Устройство дренажа на заболоченных землях потребовало при определении радиусов влияния дрена выявленного и учета линий стекания болотных вод и детальной оценки фильтрационных свойств приповерхностных толщ. Разноплановые углубленные исследования прочностных, деформационных и водно-физических свойств заторфованных грунтов и торфов позволили использовать их в качестве оснований ряда сооружений и многих коммуникаций.

Прокладка инженерных сетей в промышленных ПТС производилась в последние годы преимущественно надземным способом с устройством свайных опор, применением гидрофобной изоляции и тепловых спутников в виде греющего кабеля.

Собственно строительно-монтажные работы в рассматриваемых ПТС приводят к появлению разнообразных сооружений, коммуникаций и зданий¹, насыщенных специальным оборудованием, оказывающих на геологическую среду в зависимости от гидроизоляции подводящих коммуникаций и характера технологических процессов существенные гидродинамические и гидрохимические воздействия. Подавляющее большинство объектов добычи и транспорта нефти и газа является источником повышенных динамических нагрузок на грунтовые основания, несмотря на то, что многие из них в Западно-Сибирском регионе имеют металлический каркас, с жесткими узлами. Каркас таких зданий изготавливают из стальных конструкций с ограждением из самонесущих облегченных плит, заполненных эффективным утеплителем. Несущая способность колонны этого здания обычно не превышает 45 т. Башмаки колонн крепятся к фундаментам заделанными в них анкерными болтами. По такой же схеме сооружаются и все блочно-комплектные устройства (БКУ), с помощью которых освоено большинство месторождений нефтегазопромысловых объектов региона. Все объекты, выполненные таким образом, в силу ограниченной ремонтопригодности требуют уменьшения величины осадок фундаментов. Но даже при предпостроечном протавнении грунтов до глубины 9—10 м иногда величина осадок превышает допустимые пределы, поэтому эксплуатационная надежность многих объектов рассматриваемых ПТС недостаточна.

Преодолеть такое затруднение можно только тщательным изучением несущей способности грунтов, комплексным инженерно-геологическим прогнозом последствий создания и функционирования системы и применения регулируемых соединений оголовников свай с опорами сооружений и зданий. До сих пор обеспечение на-

¹ Здания рамного типа с пролетами 6, 9 и 12 м и здания арочного типа с распорами или без них. В зданиях помимо специальных технологических оборудования и коммуникаций устанавливаются кран-балки, воздухопроводы, системы пожаротушения и т. п.

дежности объектов рассматриваемых ПТС производилось необоснованным и чрезмерным увеличением числа и глубины погружения свай¹, в качестве которых для многих объектов используются некондиционные буровые трубы. Наиболее часто здесь применяются забивные призматические сваи сплошного квадратного сечения размерами от 250×250 до 400×400 мм. Сваи прогрессивных конструкций (трапециевидные, ромбовидные, пирамидальные, х-образные, с уширением и др.) из-за сложности погружения в нефтегазопромысловом строительстве не нашли широкого применения (равно как и бурунабивные, деревянные, комбинированные и т. п.). При массовом строительстве свайных фундаментов в некоторых районах зоны избыточно увлажненных пород иногда при погружении забиваемых свай возникают осложнения, вызванные чрезмерным сгущением сетки свайного поля и тиксотропным разжижением грунтового массива. В криолитозоне в зависимости от технологических процессов функционирования объекта и технических условий его строительства принимаются принципы сооружения его нулевых циклов с сохранением многолетнемерзлого состояния, с предпостроечным протаиванием или с оттаиванием грунта в процессе эксплуатации объекта.

Из-за трудоемкости и сложности увеличения глубины погружения свай в криолитозоне для предотвращения выпучивания свайных фундаментов, которое имело место на промысловых объектах Медвежьей и Вынгапуровской ПТС, пришлось увеличить нагрузки на каждую сваю. А это, в свою очередь, чревато потерей их несущей способности при непредвиденном оттаивании даже части грунтового массива. Следует отметить явно недостаточное число испытаний свай при проектировании нулевых циклов рассматриваемых объектов, особенно в криолитозоне.

Объекты нефтегазопромысловых ПТС, имеющие небольшой вес и не оказывающие больших динамических воздействий на геологическую среду, возводятся на малозаглубленных фундаментах, когда в качестве естественных грунтовых оснований или в подсыпках используются непучинистые грунты. В этих случаях устраиваются монолитные или сборные (ленточные или плитные) фундаменты; последние сооружаются как сплошными, так и массивными (только под оборудованием).

Обустройство нефтяных и газовых месторождений сводится к строительству кустов скважин, обвязке эксплуатационных (нефтяных и газовых), водонагнетательных и газлифтных скважин, прокладке нефте- и газопроводов, водоводов, прокладке автодорог и внутрипромысловых ЛЭП, созданию дожимных и кустовых насосных станций (ДНС и КНС), замерных установок, установок комплексной подготовки газа (УКПГ) и термохимической подготовки

¹ Несложной перепланировкой свайных полей первой очереди Нижневартовской ГРЭС удалось уменьшить число свай в запроектированных фундаментах на 6000, не увеличивая при этом глубины их погружения. Экономический эффект — 2 млн. руб.

нефти (УТХПН), товарных парков с различной вместимостью (уже строятся металлические резервуары вместимостью 50—100 тыс. м³). Число, протяженность, мощность, производительность и размещение объектов определяются размерами месторождения, его извлекаемыми запасами, принятой схемой разработки, инженерно- и горно-геологическими условиями эксплуатации. Так, на Уренгойском месторождении, протяженность которого достигает 180 км, запроектировано и построено более 500 км автодорог, около 1000 км газопроводов-шлейфов и более 350 км газосборного коллектора, 15 УКПГ, пробурено 4,5 тыс. газовых, газоконденсатных, нефтяных и наблюдательных скважин.

Наиболее четкая и постоянная тенденция в создании нефтегазовых промысловых ПТС региона заключается в максимальной концентрации объектов добычи и транспорта нефти и газа, инфраструктуры объектов на минимальном числе промплощадок. Совмещение различных по назначению и однотипных промышленных объектов на одной строительной площадке, в одном коридоре коммуникаций за счет увеличения их единичной мощности и пропускной способности позволяет сократить площадь застройки на 50 % по сравнению с традиционными видами промышленного и трубопроводного строительства. При этом общая мощность объектов возрастает более чем в 2 раза. Так, если годовая производительность каждой из первых УКПГ Медвежьего газового промысла составляла 8—12 млрд. м³ газа, то производительность последних УКПГ Уренгойского и Ямбургского промыслов достигает 30 млрд. м³, причем собирают газ они с 110 скважин, тогда как ранее были связаны всего с 24 скважинами.

Такая концентрация дает возможность размещать эти комплексные площадки и трассы на участках с наилучшими инженерно-геологическими условиями, но одновременно резко повышает требования к надежности их грунтовых оснований, так как из-за возросших возмущений геологической среды резко увеличивается вероятность деформаций взаимодействующих с ней элементов техносферы, а любая авария на таких сверхкрупных объектах и коммуникациях может привести к остановке всего промысла.

Второй не менее четкой тенденцией в создании рассматриваемых ПТС было и остается повсеместное и постоянное использование главным образом блочно-комплектного метода строительства. Применение на западно-сибирских объектах транспортабельных блочно-комплектных установок большой единичной массы с высоким уровнем автоматизации и заводской готовности обеспечило снижение топливно-энергетических затрат на 15—20 %, материалов — на 20—30 % и трудовых ресурсов — в 2 раза. Одновременно в 2—3 раза сокращается время обустройства месторождений, в 4—8 раз — продолжительность строительства объектов, на 50—70 % — объем строительно-монтажных работ на площадке, а производительность труда повышается на 40—50 %.

В блочно-комплектном исполнении изготавливаются объекты сбора, подготовки и транспорта нефти, газа и конденсата, поддержа-

ния пластового давления и промышленного водоснабжения, повышения нефтеотдачи пластов, утилизации промышленных стоков и др. Перечисленные объекты сооружаются из отдельно стоящих моноблоков или их различных комбинаций. В настоящее время масса блоков, применяемых в нефтегазопромысловом строительстве Западной Сибири, не превышает 300 т. Увеличение массы суперблоков и блок-понтонных сдерживается отсутствием пригодных для их перевозки дорог и транспортных средств, а также препятствиями на пути их доставки по рекам из Тюмени, где их изготавливают. Но все блочно-комплектные установки предъявляют к геологической среде более высокие и специфические требования из-за затрудненного ремонта таких устройств даже при малых нарушениях их грунтовых оснований и небольших деформациях фундаментов.

В настоящее время нефтегазопромысловое строительство помимо инженерной подготовки строительных площадок и сооружения нулевых циклов объектов свелось к кратковременному процессу монтажа блоков и пуско-наладочных работ на смонтированных или доставленных полностью объектах. Индустриальные методы строительства фундаментов (так называемых свайно-каркасных), используемые при сооружении ряда нефтеперекачивающих и компрессорных станций и обладающие рядом неоспоримых преимуществ, не нашли широкого применения из-за повышенной металлоемкости по сравнению с традиционными монолитными железобетонными фундаментами.

Трубопроводное строительство ведется ныне во всех инженерно-геологических зонах Западной Сибири, как правило, в зимний период (после того, как промерзшие болота приобретают способность выдерживать разнообразную технику). Строительство многониточных газотранспортных систем (диаметр труб 1420 мм и рабочее давление 75 МПа) от Уренгойского, Медвежьего и Ямбургского промыслов производится в одном технологическом коридоре шириной 250—300 м (при прокладке труб на минимально допустимых расстояниях 32 м). Транспортировка газа осуществляется компрессорными станциями, расположенными через каждые 100—150 км по всей длине газопроводов и сооружениями с помощью комплектно-блочного метода (используя блок-боксы, блок-контейнеры, сборно-разборные строительные конструкции и т. п.).

Нефтетранспортные ПТС (трубы) диаметром 1220—1420 мм подают нефть Среднего Приобья и Северного Зауралья в европейские районы страны и Восточную Сибирь. Поэтапный ввод мощностей на промыслах региона и принятая схема трубопроводного строительства в общих коридорах потребовали помимо прокладки дополнительных ниток газо- и нефтепроводов сооружения новых очередей компрессорных и нефтеперекачивающих станций вблизи уже действующих на этих системах. Первым станциям, как правило, отводились лучшие земли, а их последующие очереди располагались на территориях с гораздо худшими инженерно-геологическими условиями. Используемые при этом принципы макси-

мального сближения и совмещения объектов опять-таки потребовали трудноосуществимого повышения их надежности и усилили концентрацию возмущений геологической среды.

Основные причины возрастающих с каждым годом разрушений трубопроводов в регионе — старение труб, эксплуатирующихся в сложных условиях, и высокие продольные напряжения в металле труб, вызванные их вертикальными перемещениями из-за осадок или выпучивания. Более широко распространенные горизонтальные смещения трубопроводов на обводненных участках трасс, приводящие к возникновению критических поперечных напряжений и критических участков трасс, вызывают в 2 раза меньше повреждений трубопроводов. Значительное число аварийных ситуаций в нефтегазотранспортных системах возникает на участках переходов трубопроводов через реки и ручьи, главным образом из-за недостаточного учета количественных закономерностей эрозионных процессов в долинах этих водотоков.

Надежность нефтегазопромысловых объектов продолжает оставаться одной из наиболее острых проблем, особенно с учетом экологических последствий аварий. Только за пять месяцев 1988 г. произошло 268 порывов трубопроводов с разливом более 100 тыс. т нефти. Потери газа от отказов и неисправностей объектов региона, происходящих по инженерно-геологическим причинам, измеряются миллиардами кубических метров в год. Неисправности трубопроводов, вызванные инженерно-геологическими причинами, требуют совершенствования методов расчета их устойчивости, увеличения объема инженерно-геологических исследований и обязательного повсеместного мониторинга геологической среды.

Анализ строительства и функционирования западно-сибирских нефтегазотранспортных систем свидетельствуют, что наиболее надежным и наиболее распространенным способом строительства считается подземная прокладка¹, при которой трубопровод защищен от внешних повреждений, действия атмосферных осадков и климатических колебаний и предохранен грунтом обратной засыпки от лавинного разрушения при деформации трубы. Однако из-за сложности проведения земляных работ в районах криолитозоны и на болотах, необходимости закрепления трубопровода от всплытия и интенсивного воздействия на геологическую среду этот способ часто заменяется надземной прокладкой, особенно при строительстве промысловых шлейфов и коллекторов. Используя для обваловки наземных трубопроводов местные легкоразмываемые (пылеватые) грунты, удается сохранить насыпь не более трех лет. Наземные трубопроводы без обваловки интенсивно разрушаются коррозией и страдают от наездов транспорта.

¹ В первые годы создания Западно-Сибирского нефтегазового комплекса для районов криолитозоны наиболее эффективной считалась и успешно велась надземная прокладка. Однако впоследствии опоры таких газопроводов стали интенсивно деформироваться и газопроводы пришли в аварийное состояние.

Для повышения надежности и производительности магистральных газопроводов, идущих от заполярных месторождений¹, транспортируемый газ охлаждается до отрицательных температур. Однако воздействие таких газопроводов на геологическую среду намного сильнее, чем газопроводов, транспортирующих газ с положительной температурой (интенсивный барражный эффект от обмерзания грунтовой влаги вокруг газопровода, его выпучивание от промерзания подстилающих водонасыщенных грунтов и всплытие при повышении плавучести от обледенения). Все эти факторы требуют особого инженерно-геологического обеспечения проектирования такого необычного трубопроводного строительства. Если же по технологическим особенностям функционирования ПТС сохранить от растепления льдистые ММП в процессе эксплуатации объектов невозможно, то они сооружаются и эксплуатируются с дополнительными мерами предосторожности.

В создание рассматриваемых систем, удаленных от Оби, входит гидротехническое строительство для обеспечения судоходства по мелким рекам — дноуглубительные работы и спрямление извилистых русел.

Функционирование созданных нефтегазотранспортных и нефтегазопромысловых ПТС включает самый длительный блок их жизненного цикла — разработку. Все содержащее этот блок элементы относятся к классу систем повышенной опасности, что определяет принципы его организации и функционирования и предъявляет повышенные требования к его надежности и, следовательно, инженерно-геологическому обеспечению. Сложность инженерно-геологического строения рассматриваемых систем, большая уязвимость и трудность восстановления поврежденной окружающей природы, интенсивность воздействия на геологическую среду мощнейших объектов техносферы, сконцентрированных в ограниченном числе площадок и коридоров коммуникаций, определяют специфику разработки западно-сибирских месторождений нефти и газа, превращая этот процесс в ответственную геотехническую проблему.

В структуре этого блока выделяются следующие элементы. Бурение эксплуатационных скважин (этот элемент может быть отнесен к блоку «строительство»); добыча нефти, газа, газового конденсата и подземных вод; поддержание пластового давления путем декартунного и внутриконтурного заводнения; мероприятия по повышению нефте- и газоотдачи продуктивных пластов; сбор и сепарация нефти, газа, воды и минеральных частиц; осушка газа и подготовка нефти; борьба с гидратообразованием, отложение солей, парафинизацией и коррозией оборудования; ремонт промыслового оборудования; реконструкция нулевых циклов объектов и

¹ В первую очередь, необходимо недопускать оттаивания вмещающих газопровод льдистых грунтов, чтобы избежать чрезмерных осадок трубопроводов и их краевых узлов, которые через два-три года погружаются в оттаявший грунт на 2 м и более.

ремонтно-восстановительные работы на них; устройство подземных газохранилищ в выработанных месторождениях; утилизация промышленных стоков и закачка их в глубокие горизонты; маганизирование поверхностных вод; добыча строительных материалов; рекультивация поверхности отработанных месторождений; ликвидация промыслов.

До сих пор в инженерно-геологической литературе преобладало мнение о том, что наиболее мощное воздействие на геологическую среду оказывают гидротехнические комплексы. С такими утверждениями нельзя согласиться, поскольку такие ПТС, как Уренгойская и Самотлорская нефтегазовые, вовлекают в свою геосферу намного больше объемы геологической среды, производя в ней неизмеримо более глубокие изменения. Площади таких объектов измеряются сотнями квадратных километров, глубины эксплуатируемых пластов достигают 4 км, а объемы извлекаемых нефти и газа измеряются миллиардами тонн и триллионами кубических метров соответственно. Одновременно в эксплуатируемые нефтяные пласты для поддержания в них давления и более полного вытеснения нефти постоянно закачиваются соизмеримые с указанными выше объемами поверхностных и подземных (сеноманских) вод, а на газовых промыслах в глубокие поглощающие горизонты закачиваются их промышленные стоки. Функционирование крупных нефтегазопромысловых систем с такими гигантскими разнонаправленными потоками жидкости, газа и растворов реагентов охватывает значительные отрезки времени (несколько десятилетий), в течение которых технологические и инженерно-геологические процессы производят многоступенчатые непосредственные и опосредствованные преобразования гигантских объемов геологической среды и ее дневной поверхности. Главнейшими из них являются падение пластовых давлений и изменение пород эксплуатируемых горизонтов по мере сработки запасов полезного ископаемого; вынос из продуктивных горизонтов вместе с нефтью, газом и водой минеральных частиц; уплотнение продуктивных пластов по вышеуказанным причинам; прогибание перекрывающих слоев осадочного чехла; оседание поверхности промыслов; повышение уровня грунтовых вод из-за оседания поверхности промысла и ее строительного освоения; скапливание из-за оседания поверхности и ее строительного освоения в понижениях рельефа поверхностных и грунтовых вод, изменения направлений стока поверхностных и болотных вод; изменение при обводнении температуры, состояния и свойств грунтов, а также развивающихся в геосфере ПТС инженерно-геологических процессов; изменение всех элементов инженерно-геологических условий при строительстве, эксплуатации и природопреобразующей деятельности человека в геосферах функционирующих объектов добычи нефти и газа. Своеобразие такого взаимодействия заключается в том, что вызванные им изменения происходят не только в области непосредственного воздействия (в эксплуатируемом пласте или на поверхности промысла), но и на значительном удалении от нее.

В зависимости от выбранных проектных решений любого элемента рассматриваемого блока ПТС на геологическую среду оказываются существенно различные, но всегда достаточно ощутимые геомеханические, тепловые, гидродинамические, геохимические, биологические и геофизические воздействия. Так, даже от такого специфического вида воздействия, как способ подготовки газа к дальнейшей транспортировке (адсорбция, абсорбция, низкотемпературная сепарация и др.) зависят размеры геосферы, интенсивность и направленность воздействий. При этом параметры элементов и системы в целом определяются набором и размещением идущими в них технологическими процессами, объемами потребляемой воды, химических реагентов, электроэнергии и отходов производства, степени подготовки продуктов к транспортировке, а также температурой, давлением и многими другими характеристиками выбранного способа подготовки газа. К сожалению, на практике выбор тех или иных проектных решений разработки месторождений в регионе определяется главным образом экономическими показателями¹ и размещением извлекаемых запасов нефти и газа, а проблемы охраны геологической среды и окружающей среды в целом, отодвигаются на задний план или вообще не учитывались. А это впоследствии оборачивалось в ряде случаев преждевременными неисправностями и отказами элементов техносферы ПТС и даже прекращением ее функционирования, а также повреждением и загрязнением больших объемов геологической среды.

Специфика функционирования нефтегазопромысловых и нефтегазотранспортных систем обусловлена высокими давлениями и температурами извлекаемых и перекачиваемых ископаемых, и как следствие, большими поражениями геологической среды при авариях их объектов. Так, аварийные выбросы и утечки газа в атмосферу, вызванные деформациями объектов из-за нарушения их грунтовых оснований, в определенных метеорологических условиях приводят к уничтожению или крупным повреждениям таких объектов, а разливы нефти при деформациях нефтепроводов — к загрязнению сотен квадратных километров прилегающих земель, водоемов и водотоков. Неизбежное тепловое воздействие объектов добычи и транспорта нефти и газа на геологическую среду (нефти многих северных тюменских месторождений теряют подвижность при температурах ниже 10 °C) приводит к оттаиванию в результате их длительной эксплуатации огромных массивов геологической среды, а прекращение их работы при проведении планово-предупредительного ремонта оборудования к промерзанию ранее оттаявших пород со всем набором неизбежных негативных криогенных процессов.

¹ На протяжении всей истории разработки западно-сибирских нефтяных месторождений в факелах ежегодно сжигаются огромные объемы попутного нефтяного газа из-за отсутствия предприятий по его переработке. При этом кардинально меняются микроклимат и геохимические условия нефтепромысловых районов. Перспективы полной утилизации попутного газа при заданных темпах развития нефтяной промышленности региона крайне малы.

Упомянутые ранее высокая концентрация сооружений и коммуникаций и повышение их единичной мощности и производительности резко увеличили интенсивность преобразования инженерно-геологических условий. Кустовое бурение наклонных скважин с большими диаметрами, рост мощности буровых установок, увеличение диаметров и числа скважин в кусте, сближение их устьев обусловили возникновение концентрированных и сложных воздействий на геологическую среду, последствия которых оказались труднопредсказуемыми. Реакция геологической среды на такие воздействия привела к потере устойчивости стволов ряда скважин в интервалах слабосцементированных песчаных пород, образованию крупных каверн и поглощению бурового раствора, опасному обогащению промывочной жидкости выбуренной породой, образованию пробок, прихвату бурового инструмента и т. п.

Негативный опыт бурения и эксплуатации газовых, нефтяных и водозаборных скважин в области низкотемпературных ММП свидетельствует, что при длительных остановках или консервации скважин в результате обратного промерзания оттаявших ранее пород происходит смятие обсадных и эксплуатационных колонн. Такие процессы отмечались на Южно-Соленинском, Мессояхском, Харасавэйском, Уренгойском и Медвежьем месторождениях и происходили в интервалах с наибольшими кавернами и температурой ММП ниже -3°C . Причиной смятия было криогенное пучение водосодержащих пород в замкнутом объеме ствола скважины, приходящихся на самые кавернозные слои, и в замкнутых объемах межколонных пространств при недоподъеме цемента. Неравномерная осадка оттаявших при бурении мерзлых пород приводила к деформациям бурового оборудования и потере устойчивости вышек; аналогичная осадка пород, оттаявших при эксплуатации, обуславливала деформации промыслового и нефтегазотранспортного оборудования, затрудняла эксплуатацию и проведение ремонтно-восстановительных и исследовательских работ. Для предотвращения таких осложнений потребовалось провести длительные многоплановые экспериментальные, натурные и теоретические исследования теплового, геомеханического и геофизического взаимодействия мерзлых, оттаивающих и промерзающих пород с промысловыми объектами. И только после этого были разработаны мероприятия по обеспечению надежности скважин и других промысловых и трубопроводных объектов.

Среди таких мероприятий наиболее эффективны различные способы предотвращения смятия и потери продольной устойчивости скважин, основанные на прогнозных расчетах критических давлений криогенного пучения, температур и времени обратного промерзания, превышение которых грозит неисправностями скважин. Это и применение теплоизолированных труб, и обязательный подъем цемента до устья при цементации каждой колонны, и использование специальных добавок к цементам для лучшего крепления колонн, и заполнение ствола скважины незамерзающей жидкостью, и управляемое замораживание наиболее опасных интервалов, и

ускоренное бурение под кондуктор с использованием инвертных растворов и охлаждаемых промысловых жидкостей, и периодический прогрев остановленных, наблюдательных и ожидающих переключений скважин, и т. д. Выбор наиболее эффективных из перечисленных выше мероприятий и успех их осуществления зависят от полноты знаний о строении многолетнемерзлых толщ и динамике их изменений.

Большое значение для обеспечения надежности скважин в криолитозоне имеет выбор местоположения кустов скважин, конструкций самих скважин и их кустовых оснований, определяемый исключительно геокриологическими условиями разбуриваемых площадей. В заполярных газопромысловых объектах вокруг эксплуатируемых в льдистых мерзлых толщах скважин часто образуются приустьевые термокарстовые воронки (диаметром до 6 м и глубиной до 1,5 м), которые успешно ликвидируются засыпкой песчаным грунтом.

Для обеспечения надежности наземных промысловых объектов помимо проведения экспериментальных инженерно-геологических исследований, аналитических расчетов и прогнозов потребовалось увеличить число и глубины погружения свай и объемы вентилируемых подполий, следить за их снеготаносимостью, усложнить многие технологические процессы добычи, подготовки и транспорта нефти и газа, ужесточить правила технической эксплуатации оборудования, применить охлаждение транспортируемого газа до температур грунта, вмещающего газопровод, и использовать многие другие достижения научно-технического прогресса.

Длительное функционирование крупнейших нефтегазопромысловых ПТС региона, сопровождаемое интенсивным тепловым воздействием на многолетнемерзлые толщи, повсеместно приводит к уменьшению их мощности, вплоть до деградации верхнего слоя мерзлоты в южных областях криолитозоны за 10—20 лет (Вынгапуровское месторождение). Извлечение нефти и особенно газа снижает экран на пути теплового потока из недр земли и уменьшает влияние адиабатического эффекта, что способствует ускорению деградации многолетней мерзлоты снизу. К сожалению, прогноз такого медленного процесса еще не поддается достоверным расчетам, и поэтому его последствия в части ухудшения гидродинамического экранирования мерзлых толщ не принимаются во внимание при проектировании нефтегазопромысловых систем.

Большинство объектов рассматриваемого блока оказывает на свои грунтовые основания интенсивные динамические воздействия, оценка, прогноз и учет которых весьма несовершенны и трудны. Так, серьезные деформации на компрессорной станции «Сосьва» были вызваны недоучетом вибрационного воздействия газоперекачивающих агрегатов на их грунтовые основания, сложенные аллювиальными пылеватыми песками и супесями. Постоянный рост единичных мощностей многочисленных нефте- и газоперекачивающих насосов, станков-качалок, компрессоров, буровых установок, периодически наполняемых и опорожняемых крупных объемов, спе-

циального тяжеловесного автомобильного и гусеничного транспорта приводит к возникновению и усилению частых тиксотропных явлений, разжижению, просадкам грунтов, оплыванию больших массивов геологической среды. Такие геологические процессы можно предотвратить только с помощью трудоемкой и дорогостоящей инженерной подготовки территории или даже замены тиксотропных пылеватых супесей и суглинков, широко распространенных в Западно-Сибирском регионе.

Существенный вклад в совершенствование блока «разработка» вносят сами эксплуатационники техносферы, как правило, без какого-либо инженерно-геологического обоснования. Такое совершенствование направлено исключительно на повышение производительности оборудования, коэффициентов нефте- и газоотдачи и неизбежно сопровождается появлением новых и усилением существующих видов воздействия на геологическую среду. Такие дополнительные возмущения не были учтены проектами обустройства и разработки месторождений, поэтому совершенствование техносферы приводит в противоречие с состоянием геологической среды ПТС. По прошествии некоторого времени такие противоречия, как правило разрешаются дезорганизацией установившегося взаимодействия объектов с геологической средой, в первую очередь, непредвиденными изменениями инженерно-геологических условий, вызванными ими повреждениями и загрязнением геологической среды, несправностями объектов техносферы.

Блок «разработка» включает также эксплуатацию месторождений подземных вод (питьевых, технических, термальных, бальнеологических, подо-бромных). За счет подземных вод осуществляется питьевое водоснабжение большей части городов, многих поселков и большинства промышленных объектов Западно-Сибирского региона. Водопотребление здесь превысило 2 млрд. м³ воды в год и продолжает быстро расти, а водоотведение составляет почти 1,5 млрд. м³. Основным водопотребителем являются нефтепромысловые системы, расходующие на 1 т добываемой нефти свыше 2 м³ воды и на 1 м бурения горных пород до 6 м³ воды. Возникающие при разработке месторождений подземных вод изменения геологической среды аналогичны рассмотренным выше.

Значительное воздействие на геологическую среду региона оказывает добыча местных строительных материалов. Ежегодная потребность только в строительных песках составляет здесь около 100 млн. м³ (добывается менее половины). Дефицит строительных песков заставляет строителей использовать малопригодные для этой цели местные пылеватые супеси и тонкозернистые пески или создавать карьеры строительного песка даже на незначительных его проявлениях вблизи строительных объектов. Основные способы добычи — экскавация и гидронамыв. Были предприняты попытки гидродобычи песков и гравия через скважины способом эрлифта, но этот метод не получил распространения.

Весьма своеобразный элемент рассматриваемого блока — использование отработанных газовых месторождений, находящихся

вблизи действующих магистральных газопроводов, для закачки в отработанные пласты газа во время снижения его потребления (в летнее время). Такими временными подземными резервуарами-хранилищами является группа выработанных Пунгинских месторождений, расположенных относительно недалеко от потребителя и используемая для этой цели во время пиковых нагрузок. Помимо таких подземных газохранилищ в блок «разработки» войдет использование выработанных нефтяных месторождений для захоронения сильно загрязненных и не поддающихся очистке сточных вод, применение которых в системах поддержания пластового давления нерационально из-за состава загрязняющих веществ или значительного удаления от действующих промыслов.

«Переработка» нефти и газа в Западно-Сибирском нефтегазовом комплексе ведется в Тобольском и Томском нефтехимических комплексах и на Омском нефтеперерабатывающем заводе, которые представляют собой самостоятельные сложнейшие природно-технические подсистемы более крупных градопромышленных систем, неразрывно связывающих эти комплексы и одноименные города Западной Сибири. На Тобольском и Томском комплексах осуществляется глубокая переработка попутного нефтяного газа. Такие системы оказывают интенсивное и концентрированное воздействие на геологическую среду, особые изменения претерпевают гидрогеологические условия.

В составе крупнейшей газопромысловой системы — Уренгойской — начата переработка газового конденсата в легкие моторные топлива на конденсатоперерабатывающих установках мощностью 4—50 тыс. т в год путем его перегонки в выпарных емкостях методом постепенного испарения при непрерывном подогреве. Такие же установки запроектированы и для всех заполярных месторождений Ямала, но они выделяют большое количество тепла, поэтому обеспечить их надежность на льдистых грунтах Ямала чрезвычайно не просто. В Сургуте начал действовать крупный стационарный завод по переработке уренгойского конденсата.

Западная Сибирь — один из крупнейших поставщиков деловой древесины в стране. Лесозаготовительные предприятия Тюменской области дают 14 млн. м³ древесины в год, и объем заготовок постоянно возрастает, тогда как объем лесовозобновления совершенно несоизмерим с ними. К тому же приживаемость ценных сортов — кедра и сосны — чрезвычайно низкая. Хотя расчетная лесосека позволяет наращивать объем лесозаготовок, высокотоварная древесина вблизи транспортных магистралей и большинства нефтегазовых промысловых систем уже взята, и лесозаготовителям приходится с каждым годом осваивать все более труднодоступные районы, строить лесовозные дороги с твердым покрытием или переходить на рубки лиственной древесины. Функционирование блока «лесная промышленность» в рассматриваемых системах влияет не только на условия, технологию и обеспечение нефтегазового и нефтегазотранспортного строительства, но и на состояние геологической среды. Сведение древесной растительности в таеж-

ных районах изменяет условия и режим тепломассообмена их геосферы с атмосферой и вызывает существенный подъем уровня грунтовых вод за счет уменьшения их транспирации и перехвата атмосферных осадков растительностью. А это приводит к заболачиванию поверхности и оголению грунтов, сопровождаемым ухудшением их инженерно-геологических свойств.

Основное электроснабжение нефтегазопромысловых и нефтегазотранспортных систем производится за счет Сургутской ГРЭС, Тюменских, Нижневартовской и Тобольской ТЭЦ, включенных в объединенную Уральскую энергосистему. На весь регион с его огромными гидроэнергетическими ресурсами имеется только одна Новосибирская ГЭС, чего, конечно, недостаточно, и в обозримом будущем гидроэнергетика региона получит развитие. Энергоснабжение мелких населенных пунктов, отдельных промыслов, нефтеперекачивающих и компрессорных станций осуществляется бесчисленными и неэкономичными котельными, энергопоездами, плавучими электростанциями и газотурбинными энергоустановками на базе отработанных самолетных двигателей. Все крупные электростанции связаны между собой и с основными потребителями — нефтегазопромысловыми ПТС — линиями электропередач ЛЭП-500 и ЛЭП-200.

Блок «энергетика» — обязательная часть всех рассматриваемых систем — помимо больших статических, динамических и тепловых нагрузок на грунтовые основания, оказывает сильное воздействие на электрическое поле больших объемов геологической среды, значительно увеличивая размеры геосферы систем и ускоряя коррозионные процессы в металле и железобетоне заглубленных конструкций и коммуникаций. Возникающие в геосферах энергетических объектов и линий электрохимзащиты трубопроводов поля блуждающих токов способствуют развитию электроосмоса и электрофореза. Эти явления, помимо изменения коррозионной активности грунтов, существенно меняют их геофизические параметры, искажая результаты геофизических исследований в пределах функционирования объектов, делая невозможным использование многих эффективных методов геологического мониторинга ПТС.

Высокие темпы нефтегазопромыслового и нефтегазотранспортного строительства в нефтегазовом комплексе Западной Сибири оказались несоизмеримыми с возможностями создания ЛЭП. Строители вынуждены были модернизировать сооружение фундаментов опор ЛЭП и применять их новые конструкции. Однако из-за недоучета проектировщиками сложных и изменчивых инженерно-геологических условий региона, высоких ветровых нагрузок, обледенений проводов и из-за недостатков строительства некоторые опоры стали деформироваться, и были отмечены случаи их падения. Частые перебои в энергоснабжении на промыслах оборачивались многомиллионными потерями из-за остановок буровых станков, насосов и т. д. Предотвращение такого ущерба потребовало совершенствования фундаментов опор ЛЭП за счет увеличения числа свай и изменения их конструкции и одновременно установки

на ответственных объектах автономных резервных дизельных электростанций на случай отключения централизованного электроснабжения.

Ответственными элементами рассматриваемых ПТС являются транспортные коммуникации, осуществляющие внешние и внутренние связи и в совокупности образующие в этих системах блок «транспорт». В то же время такие крупные транспортные магистрали, как многониточные магистральные газопроводы и нефтепроводы, следует рассматривать как самостоятельные нефте-газотранспортные системы. Эти системы являются не только самыми металлоемкими в топливно-энергетическом комплексе страны, но и самыми эффективными (по одной нитке магистрального газопровода передается энергии больше, чем производят ее все гидроэлектростанции Ангары и Енисея вместе взятые). Функционирование трубопроводов, пересекающих все инженерно-геологические зоны региона, в зависимости от способа их прокладки существенно влияет на многие элементы геологической среды трассы. Грунты обратной засыпки, переработанные землеройной техникой и утратившие при этом первоначальные структурные связи, теряют свою устойчивость к размыву. Кроме того, при засыпке трубопроводов в траншею вместе с грунтом попадает большой объем снега, льда, торфа, почвенно-растительного слоя. После оттаивания грунтов обратной засыпки в результате теплового воздействия трубопроводов все траншеи нефтегазопромысловых систем в Западно-Сибирском нефтегазовом комплексе даже на незначительных склонах превращаются в русла временных водотоков, которые усиленно размывают и выносят из траншеи большой объем грунта, оголяя или подмывая трубопровод. Тем самым снижаются балластирующие и изолирующие функции грунта, появляется возможность для его перемещений и возникновения дополнительных напряжений, не уточненных проектом.

Поскольку многие серьезные аварии магистральных трубопроводов произошли в теплое время года, когда из-за труднодоступности трассы ликвидация повреждений производилась с помощью вертолетов, строители и эксплуатационники объявили нефте- и газопроводы Западно-Сибирского комплекса ремонтируемыми конструкциями. Однако соответствующих мер по повышению их надежности не было принято, пока на необходимость решения этой проблемы не обратили внимание ЦК КПСС и Совет Министров СССР. В результате в Западно-Сибирском регионе была создана отраслевая служба геологического мониторинга, цель которой — предотвратить преждевременные отказы и неисправности газотранспортных и газопромысловых систем. Но до сих пор инженерно-геологическое обеспечение ремонтно-восстановительных работ на нефтегазотранспортных системах не имеет своего нормативно-методического регламентирования и многие параметры геосферы трубопроводов, необходимые для проектирования их ремонта, по-прежнему неизвестны (до сих пор не определяются липкость и сила присоса водонасыщенного грунта, с которой он удерживает заглуб-

ленную трубу при ее извлечении из траншеи, а без таких параметров невозможно рассчитать безопасные отрывные усилия подъема и определять требуемое для этих целей число трубоукладчиков и другой техники).

Укоренившаяся практика ввода в эксплуатацию газопроводов в районах развития ММП со значительным отставанием строительства станций охлаждения газа привела к оттаиванию больших объемов мерзлых толщ в зоне влияния таких газопроводов. Последующий пуск этих станций и транспортирование охлажденного до отрицательных температур газа без проведения специальных защитных мероприятий угрожают деформациями труб вследствие криогенного лучения повторно замерзающих обводненных грунтов.

Эксплуатация дорог в пределах рассматриваемых систем показывает, что как правило, они оказывают негативное воздействие на геологическую среду. Любые дороги, как временные, так и капитальные, образуют по обе стороны от насыпи сферы влияния, ширина которых иногда достигает 2 км, а глубина проникновения в глубь поверхностных отложений вблизи насыпи составляет 5—7 м. Насыпи дорог превращаются в экраны на пути поверхностных, болотных и грунтовых вод, так как системы поверхностного водоотвода проектируются обычно с ориентацией на существующие в момент изысканий гидрологические и гидрогеологические условия и оборудуются недостаточным числом водопропускных сооружений. К тому же большинство из них из-за малочисленности или отсутствия службы эксплуатации забиты оплывшим грунтом, древесными остатками, торфом и почвой. Возникающее под насыпью ядро мерзлых пород сохраняется в течение большей части теплого периода года (особенно, когда насыпь проложена по болоту без выторфовки), что приводит к усилению и удлинению барражного эффекта. Обводнение примыкающих к насыпи территорий и грунтов ускоряет ее разрушение, затрудняет эксплуатацию и ремонт дороги и снижает надежность расположенных вдоль нее сооружений и коммуникаций. Особенно четко это проявилось в Нижневартовском промышленном узле. По этой причине затягивались сроки сдачи в постоянную эксплуатацию больших отрезков железной дороги Тюмень—Уренгой, а производимый в период временной эксплуатации выправочный ремонт пути приобретал чрезвычайные объемы.

Создание и функционирование рассматриваемых ПТС приводят к существенным изменениям (обычно не в лучшую сторону) всего природного окружения, уязвимость которого особенно в заполярных и северных районах общезвестна. Первые этапы становления Западно-Сибирского нефтегазового комплекса характеризовались явно недостаточным вниманием к охране и защите природы. Все это усугублялось психологией «временного жителя» большинства работающих там людей, отсутствием научно обоснованных рекомендаций, специальной природоохранной техники, ресурсосберегающих технологий добычи и транспорта нефти и газа, продуманной стратегии рационального природопользования в ре-

гоне, а также несовершенством природоохранного законодательства. Эти обстоятельства нанесли ущерб целому ряду районов Западно-Сибирского региона даже за пределами созданных в нем ПТС, что не могло не вызвать принятия природозащитных решений партийных и советских органов. Были приняты меры по упорядочению блока «хозяйственная деятельность», увеличены ассигнования на охрану природы, ужесточен спрос со строителей за отставание с вводом природоохранных объектов, повышена роль экологической экспертизы проектов нефтегазопромыслового и нефтегазотранспортного строительства. Научно-исследовательским и проектным институтам страны было поручено разработать две территориальные комплексные схемы охраны природы Западно-Сибирского нефтегазового комплекса (отдельно для промысловых и транспортных ПТС). Эти схемы были рассмотрены и утверждены Президиумом Совета Министров РСФСР. Результаты таких действий сказались на оздоровлении окружающей среды региона, главным образом при проектировании и создании новых нефтегазопромысловых и нефтегазотранспортных систем.

9.4. Дорожное строительство

Дорожное строительство ведется во всех районах Западной Сибири, но в основном оно было сосредоточено в южной половине плиты, в зоне развития талых пород. В зоне развития многолетнемерзлых пород (ММП) в больших объемах оно стало осуществляться только в последние годы.

Зона распространения талых пород. Особый интерес представляет опыт строительства дорог в подзоне сильноувлажненных пород. Интенсивное строительство дорог здесь началось с конца 1960-х гг. в связи с освоением нефтяных месторождений Среднего Приобья. Основные особенности дорожного строительства здесь определялись следующими природными факторами: 1) сильной заболоченностью территории, исключаящей во многих случаях возможность обхода болот при трассировании дорог, как это обычно рекомендовалось в нормативно-технических документах; 2) наличием большого числа озер и необходимостью проложения дорог по их акваториям; 3) отсутствием вблизи трасс сооружаемых дорог грунтов, состав и состояние которых отвечают рекомендациям по сооружению земляного полотна; 4) отсутствием местных дорожно-строительных материалов; 5) наличием продолжительного и сурового зимнего периода. Наряду с этим существовали особенности строительства, обусловленные спецификой промысловых дорог, заданными темпами освоения месторождений и др.

Одна из основных технических особенностей рассматриваемых дорог, обусловленная инженерно-геологическими условиями региона, — то, что эти дороги на значительном протяжении (до 90 %) проходят непосредственно по болотам. При этом речь идет о доро-

гах с капитальными покрытиями. Рекомендовавшиеся ранее для таких дорог решения, предусматривавшие на переходах через болота удаление болотных грунтов из-под насыпи (выторфовывание), в рассматриваемых условиях оказались малопригодными, как из-за высокой стоимости (до 1,4 млн. за 1 км), так и в связи с большими объемами земляных работ, не отвечающими реальным возможностям строительных организаций применительно к заданным темпам освоения месторождений.

В связи с указанными обстоятельствами в рассматриваемом регионе впервые в мировой практике строительства дорог с капитальным покрытием в качестве основного решения были применены конструкции земляного полотна в виде насыпей, сооружаемых непосредственно на толще болотных грунтов. Для проектирования таких конструкций необходимы соответствующие геотехнические расчеты, обосновывающие прогноз устойчивости основания насыпи, величину конечной осадки и развитие ее во времени. Практическое использование разработанных методов расчета насыпей на слабых грунтах [25] показало, что эти методы обеспечивают достаточную достоверность прогноза при наличии детальной исходной информации о физико-механических свойствах и условиях залегания болотных грунтов на участках, для которых такой прогноз осуществляется.

Однако эти методы ориентированы на участки индивидуального проектирования и при массовом применении конструкций с использованием болотных грунтов в основании насыпи практически не могут быть обеспечены исходной инженерно-геологической информацией в сроки, отводимые на изыскания и проектирование. В связи с этим потребовалась разработка некоторых укрупненных и упрощенных геотехнических оценок болотных грунтов и болот, обеспечивающих ускорение проектирования и вместе с тем не приводящих к большим погрешностям в результатах прогнозов и последующего выбора проектных решений и их экономической оценки. С этой целью на основе обобщения данных по региону о свойствах болотных грунтов и условиях их залегания и с учетом особенностей земляного полотна автомобильных дорог как инженерной конструкции, сооружаемой на массиве из таких грунтов, разработана региональная отраслевая типизация болотных грунтов по прочности [31], в соответствии с которой болотные грунты относят к одному из трех видов: 1) грунты, которые обладают достаточной прочностью в природном состоянии и при передаче на них расчетной нагрузки от насыпи высотой до 2,5 м при глубине болота до 6 м могут только сжиматься независимо от скорости передачи нагрузки; 2) грунты, не обладающие в природном состоянии достаточной прочностью, вследствие чего при быстрой передаче на них расчетной нагрузки они выдавливаются из-под насыпи, но при медленной передаче — сжимаются, не выдавливаясь; 3) грунты, которые при передаче на них указанной нагрузки в любом случае выдавливаются из-за недостаточной прочности в природном состоянии и недостаточной упругости при уплотнении.

К этому же типу относят очень рыхлые торфяные отложения, при сжатии которых осадка близка к начальной мощности слоя.

В качестве основной характеристики, служащей для отнесения болотного грунта к тому или иному типу по прочности, принята сопротивляемость сдвигу $S_{кр}$, определяемая в условиях природного залегания с помощью крыльчатки, а в качестве дополнительной — сопротивление зондированию конусным наконечником. Используется также величина природной влажности. Торфяной грунт относят к первому типу при $S_{кр} \geq 0,010$ МПа, ко второму — при $S_{кр} = 0,005—0,010$ МПа, к третьему — при $S_{кр} < 0,005$ МПа.

Наряду с типами по прочности выделяют подтипы по деформативности, каждому из которых соответствует своя компрессионная кривая. Выделение подтипов осуществляется также по величине $S_{кр}$, коррелирующей с показателями сжимаемости.

В зависимости от сочетания слоев различных типов в болотной толще устанавливают тип болота как основания насыпи (I, II, III-A и III-B). К типам болот привязаны конструкции земляного полотна, учитывающие величину и характер осадки его основания (рис. 9.1), а также отвечающие им технологические решения [31].

Применение разработанных типизаций позволило довести в региональном плане индивидуальное проектирование земляного полотна до уровня типовых решений. При этом была обеспечена возможность автоматизации оптимального проектирования сети дорог и отдельных дорог с помощью ЭВМ на основе цифровых моделей местности и технико-экономических показателей территории. Первые из этих моделей отражают основные инженерно-геологические особенности той или иной точки местности, прямо влияющие на проектное решение, в том числе — тип и глубина болота, глубина озера и т. п. Вторые, строящиеся на основе первых, отражают технико-экономические показатели строительства и эксплуатации дороги в той или иной точке территории. При заданном критерии оптимизации с помощью этой модели можно выбрать оптимальные продолжение трассы или сети дорог. Для построения моделей местности наряду с данными наземных инженерно-геологических изысканий широко используются материалы аэрофотосъемки.

Отсутствие местных грунтов, пригодных для сооружения земляного полотна, и необходимость выполнения значительных объемов земляных работ в зимнее время обусловили широкое применение гидромеханизации при сооружении земляного полотна. При этом основным вариантом явилась предварительная заготовка добываемого со дна рек песчаного грунта в штабели (с перекачкой на расстояние до 10 км), которые затем разрабатывались экскаваторами (в том числе в зимнее время) с транспортировкой автосамосвалами для укладки в насыпи. На подходах к мостам применялся и прямой гидронамыв песчаных грунтов в насыпь.

Дефицит минеральных грунтов для отсыпки насыпей в сочетании с высокими заданными темпами строительства дорог обусловил необходимость поиска способов использования торфяных грунтов в качестве материала насыпей. В результате были предложе-

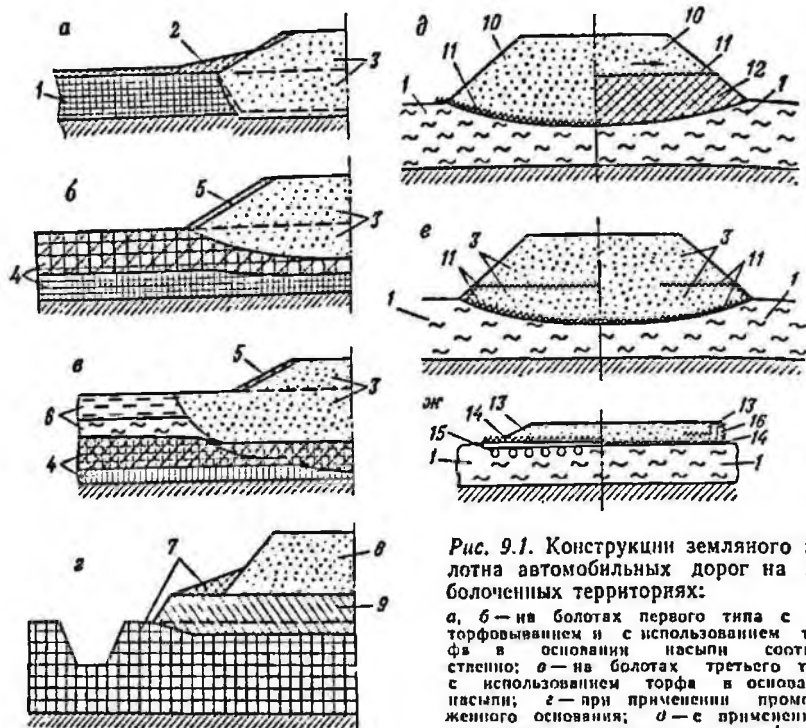


Рис. 9.1. Конструкции земляного полотна автомобильных дорог на заболоченных территориях:

а, б — на болотах первого типа с выторфовыванием и с использованием торфа в основании насыпи соответственно; в — на болотах третьего типа с использованием торфа в основании насыпи; г — при применении промерзшего основания; д — с применением геотекстиля в основании насыпи (слева) и на границе торфяной и песчаной частей насыпи (справа); е — с применением геотекстиля в виде замкнутой (слева) и незамкнутой (справа) обоймы; ж — при применении геотекстиля в конструкциях временных дорог с бревенчатым настилом (слева) и без настила с анкеровкой геотекстильного полотна (справа). 1 — болотная толща; 2 — торфяная призма; 3 — песчаная насыпь; 4 — сжимающиеся слои болотной толщи; 5 — уплотнение откоса торфом; 6 — отжимаемые слои болотной толщи; 7 — уплотненный торф; 8 — песчаная часть земляного полотна; 9 — намороженный торфяной слой; 10 — песчаная часть насыпи; 11 — геотекстильная прослойка; 12 — торфяная часть насыпи; 13 — песчаный слой; 14 — геотекстиль; 15 — бревенчатый настил; 16 — лежень для анкеровки

ны и реализованы конструкции земляного полотна, в которых нижняя часть насыпей на болотах, погружающаяся после осадки насыпи под уровень болота, сооружается из торфов (метод заторфовывания). Такие конструкции достаточно широко применяются при строительстве внутрипромысловых дорог (см. рис. 9.1, д).

Использование торфяных грунтов в основании насыпей требует учета длительности осадок. Опыт показал, что интенсивная осадка может продолжаться до двух лет. Существенное значение при этом имеет то обстоятельство, что большая часть работ по возведению насыпей проводится зимой при промерзшей поверхности болота, когда обычные методы ускорения осадки имеют ограниченное применение. В связи с этим широкое распространение получил так называемый двухстадийный метод устройства дорожной одежды, ориентированный на быстрое обеспечение первоочередного проезда транспортных средств, что требуется для организации освоения месторождений. Вместе с тем он использует возможности наи-

более распространенного в данных условиях типа капитальных дорожных одежд — конструкций с покрытиями из сборных железобетонных плит. На первой стадии, при еще значительной интенсивности осадки дорожная одежда устраивается без укрепленного основания и соединения плит покрытия в стыках сваркой. После завершения интенсивной осадки плиты демонтируют и устраивают укрепленное основание (песчаный грунт, укрепленный цементом). Затем плиты покрытия укладывают вновь и монолитизируют.

В дорожных конструкциях промысловых дорог широко применяются прослойки из геотекстиля (см. рис. 9.1, *д—ж*). Такие прослойки применяют в основании насыпей (для снижения неравномерности осадки), в теле насыпи (в качестве технологических, дренажных и армирующих прослоек), а также в основании под сборными плитами. Такие прослойки повышают стабильность земляного полотна, сооружаемого в этих сложных условиях.

Отсутствие местных каменных материалов обусловило наряду с широким применением для покрытий сборных железобетонных плит использование в основании дорожных одежд, укрепленных местных песчаных и супесчаных грунтов. Укрепление осуществляют в основном на месте, используя в качестве вяжущего — цемент, а в качестве добавки — сырую нефть. Имеется опыт использования местных укрепленных цементов, песчаных и супесчаных грунтов для изготовления конструкций для укрепления обочин и откосов земляного полотна [40]. Подготовленные таким способом грунты получили название высокопрочных укрепленных. При строительстве временных дорог и технологических путей в регионе применяется способ сооружения земляного полотна на болоте с предварительным промораживанием болотной толщи и намораживанием специальной торфяной плиты в основании насыпи.

Для устройства технологических путей на заболоченных участках разработаны также конструкции в виде тонкослойных насыпей с геотекстильными прослойками в основании. Предложенный комплекс конструктивно-технологических решений, учитывающий природные особенности зоны, обеспечил заданные темпы освоения нефтяных месторождений.

Воздействие дорожного строительства на геологическую среду в рассматриваемых условиях прежде всего связано с нарушением гидрологического режима болот в результате возведения насыпей. Использование в нижней части насыпей песчаных грунтов в той или иной степени способствует сохранению природного режима. Большое значение имеет правильное расположение водопропускных сооружений.

В подзоне умеренно- и слабоувлажненных пород условия дорожного строительства несколько более благоприятны. Здесь ведется строительство дорог общего пользования, а также дорог сельскохозяйственных предприятий. Отсутствие местных каменных дорожно-строительных материалов в качестве одной из основных проблем выдвигает применение в конструктивных слоях дорожных одежд местных грунтов, укрепленных вяжущими

веществами, главным образом — цементом. В этой связи интересен опыт использования сборных плит из высокопрочных укрепленных грунтов для устройства оснований дорожных одежд с асфальтобетонными покрытиями. Плиты изготовляют из местных песчаных и супесчаных грунтов с использованием в качестве вяжущего цемента и зол-уноса, применяя заводскую технологию (включая пропарочное твердение).

Зона распространения многолетнемерзлых пород. Интенсивное строительство дорог здесь началось в конце 1970-х — начале 1980-х гг. в связи с освоением газовых месторождений (Уренгой, Ямбург и др.). Характер и назначение дорог те же, что и в Среднем Приобье. Основные проблемы связаны с наличием многолетней мерзлоты, отсутствием местных каменных материалов, высокой влажностью грунтов в карьерах и нахождением их в мерзлом состоянии при чрезвычайно медленном оттаивании и коротком периоде положительных температур. Наиболее широко применявшийся ранее принцип проектирования земляного полотна, предусматривавший сохранение основания насыпи в мерзлом состоянии (так называемый первый принцип проектирования), в условиях данной зоны требует устройства в зимнее время достаточно высоких (3—3,5 м) насыпей (рис. 9.2, а), что связано с большими объемами земляных работ.

Вместе с тем трудности получения в карьерах грунтов, пригодных для отсыпки земляного полотна в зимнее время (песчаные грунты, находящиеся в талом или сухомерзлом состоянии), обусловили необходимость поиска путей сокращения объемов земляных работ. Один из них — переход на массовое применение принципа проектирования, допускающего частичное оттаивание основания насыпи, ограниченное допустимой величиной осадки (второй принцип проектирования). Конструкция в этом случае (прежде всего, высота насыпи) обосновывается теплотехническим расчетом глубины протаивания, выполняемым совместно с расчетом осадки при оттаивании. Применение этого принципа позволило во многих случаях существенно снизить высоту насыпи, ограничив ее условиями снегозаносимости (1,5—2 м).

Для снижения неравномерности осадки насыпи при оттаивании ее основания предложены конструкции с геотекстильными прослойками в основании насыпи или с устройством нижней части насыпи в объеме из геотекстиля (см. рис. 9.2, б). Такие конструкции позволяют примерно на 20 % увеличить допустимые осадки основания. Вместе с тем предложено решение, обеспечивающее реализацию первого принципа проектирования при снижении объема земляных работ. С этой целью в основании насыпи устраивается термоизолирующая прослойка из пенопласта, рассчитываемая таким образом, чтобы предотвратить оттаивание основания (см. рис. 9.2, в).

В технологическом цикле при строительстве дорог в данном районе особое значение имеет заблаговременная заготовка грунта, который можно использовать в зимнее время для отсыпки насыпей. Один из вариантов заключается в том, что грунт (песча-

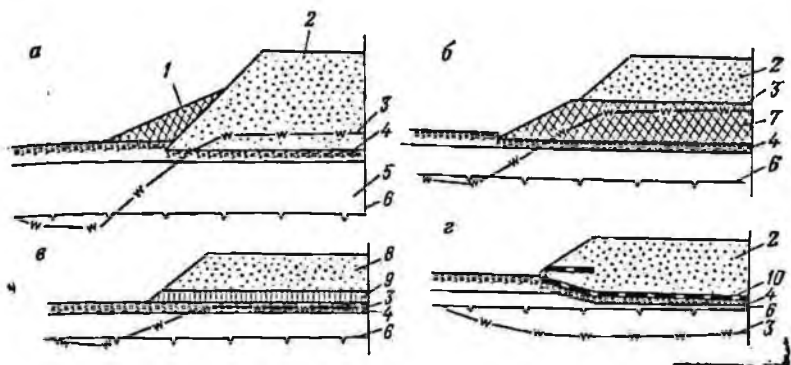


Рис. 9.2. Конструкции земляного полотна автомобильных дорог на участках с вечномерзлыми грунтами:

а — насыпь, запроектированная по первому принципу; б, в — насыпи с термозолирующим слоем из торфа и пенопласта соответственно; г — насыпь, запроектированная по второму принципу с применением геотекстиля для снижения неравномерности осадки. 1 — торфяной призм; 2 — песчаная насыпь; 3 — граница вечной мерзлоты после сооружения земляного полотна; 4 — мохово-растительный слой; 5 — десятилетний слой в природных условиях; 6 — граница вечной мерзлоты в природных условиях; 7 — торфяной насыпной слой; 8 — песчаный слой; 9 — слой пенопласта; 10 — геотекстильная прослойка

ный) разрабатывают бульдозерами в карьере по мере оттаивания толщи, сгребая его в штабель. Для района Ямбурга толщина слоя песчаного грунта, оттаивающего за сутки в летний период, составляет примерно 10 см. В соответствии с этим рассчитывают размеры карьера в плане. В штабелях песчаный грунт достаточно быстро осушается до такой степени, что после замерзания он остается практически в сыпучем состоянии.

Второй вариант, широко примененный при строительстве дорог в районе Ямбурга, предусматривает заготовку в летнее время песчаного грунта, добываемого способом гидромеханизации со дна озер и рек, с намывом его в штабели. В этой связи особое значение имеет поиск в процессе инженерно-геологических изысканий потенциальных карьеров грунта и в частности — оценки близлежащих озер и рек на предмет возможного использования их в качестве карьеров грунта.

Вместе с тем при строительстве промысловых дорог в рассматриваемом районе достаточно часто возникают ситуации, когда опережающая заготовка грунта не возможна. В этих случаях предлагается использовать в нижней части насыпи грунт в виде мерзлых комьев. Слой, состоящий из таких комьев отделяют от вышележащего слоя песчаного талого или сухомерзлого грунта геотекстильной прослойкой либо заключают в обойму из геотекстиля. Геотекстиль в данном случае предотвращает проникновение песчаного грунта вышележащего слоя в слой мерзлых комьев, а также снижает неравномерность осадки насыпи в результате оттаивания и деформации последних. Для получения комьев мерзлого грунта его обрабатывают тракторными рыхлителями в карьере или разрабатывают взрывным способом.

При выборе вариантов с нестабильным земляным полотном оттаивание основания насыпи или слоя мерзлых комьев практикуют, как и на болотах в условиях Среднего Приобья, сооружение дорожной одежды со сборными покрытиями в две стадии.

При строительстве дорог в этой зоне существенное внимание уделяют также таким процессам, как образование наледей, солифлюкция и термокарст.

Для предотвращения оттаивания ледяных линз в толще грунта на участках бугристой тундры разработаны конструкции с термоизолирующими слоями. В качестве термозащитного слоя наряду с пенопластом применяют местные материалы и прежде всего торф (см. рис. 9.2, б).

Большое внимание при строительстве дорог уделяется защите геологической среды. С этой целью введены жесткие ограничения на передвижение транспорта и дорожно-строительных машин по мохово-растительному покрову тундры. Наряду с этим предусматриваются меры по обеспечению поверхностного водоотвода для сохранения естественного гидрологического режима (устройство водопропускных сооружений, водоотводных канав и т. п.).

Особое значение в этих условиях имеет организация строительства, в частности правильный выбор сроков начала и окончания отдельных видов работ с учетом инженерно-геологической и геоэкологической обстановки, погодно-климатических факторов и особенностей применяемых конструктивно-технологических решений.

9.5. Мелиоративное освоение

Развитие сельского хозяйства в Западной Сибири требует широкого проведения мелиоративных мероприятий: осушения огромных территорий, расположенных к югу от широтного отрезка Оби в относящихся к зоне распространения сильноувлажненных, практически незасоленных пород, и орошения в южных засушливых районах, относящихся к зоне распространения умеренно- и слабоувлажненных, часто сильнозасоленных пород с широким развитием лёссов, где главным образом и сосредоточено производство зерна.

Характерная особенность развития орошаемого земледелия в настоящее время — переход от небольших участков орошения к строительству крупных оросительных систем. Осуществляется строительство Кулундинского канала протяженностью 182 км, предназначенного для орошения Новотропцкого и Златополинского опытно-производственных массивов орошения общей площадью 20 тыс. га и попутного орошения еще около 18 тыс. га земель; Алтайской оросительной системы с Гилевским водохранилищем вместимостью 471 млн. м³, которое позволит оросить 50,7 тыс. га; Чарышского группового водопровода; Ирлинской и Ординской оросительных систем в Новосибирской области; Ново-Омской оросительной системы в Омской области. Началось выполнение программы по орга-

низации орошения подземными водами в Кулундинской степи на площади 40 тыс. га. Построено уже более 30 участков орошения на подземных водах. В долине Бурлы предполагается оросить до 54 тыс. га, на Приобском плато — 81 тыс. га (Барнаульская система).

Общее увеличение площади орошаемых земель — это первые положительные результаты мелиоративных мероприятий, но следует помнить и о нежелательных последствиях. Опыт показывает, что первоначальная высокая отдача от полива полей нередко обрывается в последующие годы резким снижением урожайности и даже бесплодием земель. Во всех случаях подача воды (кроме орошения подземными водами в Кулундинской степи) будет осуществляться из Оби и Иртыша с помощью каналов. Заметных изменений стока больших рек Сибири, обусловленных хозяйственной деятельностью не происходит. На Иртыше наибольшую роль в уменьшении стока играло создание водохранилищ. Изменение стока верхних участков Оби и Иртыша пока не отразилось на годовом стоке нижнего Иртыша, средней и нижней Оби.

Опыт орошения поверхностными водами в совхозе Ново-Омский показал, что за четыре года орошения появились участки, на которых полностью отсутствовала растительность. Здесь развиты обыкновенные тяжелосуглинистые черноземы. Обследование показало, что грунтовые воды поднялись до 0,6—2 м и появились очаги вторичного засоления. Основная причина подъема уровня грунтовых вод — пополнение их запаса за счет фильтрации из сбросных и оросительных каналов. Уровень грунтовых вод понижается, а степень засоления почв (тип засоления — хлоридно-сульфатный) увеличивается по мере удаления от канала. Вблизи каналов образуется опресненная зона шириной 20—25 м в каждую сторону. За счет поднятия уровня грунтовых вод и перемещения солей из приканальной зоны в центральные части поливных территорий происходит увеличение содержания солей в почвах.

К 1978 г. процессы засоления достигли наибольшей интенсивности (содержание солей в 1,5-метровой толще достигло 1,5 % с преобладанием хлоридов). В значительной степени их активизация обусловлена тем, что на всей территории на глубине 1,5—2 м залегает солевой горизонт (этот горизонт присутствует во всех почвах юга Западной Сибири).

При лиманном орошении (участок орошения используется под сенокосные угодья и расположен в 2 км выше впадения Суетки в оз. Кулундинское) затопление лиманов происходит за счет поступления весенних талых вод реки. За два года минерализация грунтовых вод на орошаемых участках увеличилась на 40—80 % и составила 12—16 г/л. В целом за время существования лиманного орошения минерализация грунтовых вод на орошаемой и прилегающих территориях увеличилась в 3—4 раза. Причина — выщелачивание солей из пород зоны аэрации и ежегодное поступление солей на территорию с водами Суетки в условиях интенсивного испарения оросительных и грунтовых вод. В основном в пределах

лиманов распространены незасоленные и слабозасоленные почвы хлоридно-сульфатного, реже сульфатно-содового типов. Но вызывает тревогу значительная засоленность почв по границам лимана, часто до стадии солончака.

Орошение подземными водами ведется в Алтайском крае, особенно в западных районах Кулундинской степи, где они являются практически единственным источником водоснабжения. Для орошения подземными водами Кулунды рекомендуется использовать воды с минерализацией 0,4—1,3 г/л. Фактически же используются воды с минерализацией до 2,8 г/л, разнообразные по химическому составу. Наиболее распространенная схема орошения земель подземными водами такая: подземная вода подается из нескольких эксплуатационных скважин в накопительный бассейн, а затем из него по трубопроводам поступает на поля и в орошающие агрегаты. Размеры орошаемых участков в среднем составляют 150—200 га.

Результаты многолетних режимных наблюдений на пяти орошаемых участках Кулундинской степи, где зона аэрации сложена песчано-суглинистыми отложениями, а грунтовые воды заключены в песках и залегают на глубинах от 4 до 6 м, показали, что на формирование режима грунтовых вод наибольшее влияние оказывают фильтрация воды из накопительных бассейнов и отток воды в сторону водозаборных эксплуатационных скважин. В формировании химического режима грунтовых вод на этих участках выделяют пять этапов: 1) увеличение минерализации в начальный период орошения за счет растворения солей в почвах зоны аэрации; 2) снижение минерализации вследствие промытости разреза; 3) увеличение минерализации и начало вторичного засоления почв при достижении грунтовыми водами критической глубины; 4) снижение минерализации за счет усиления оттока грунтовых вод в зоне действия водозаборных скважин; 5) относительная стабилизация состава.

На всех обследованных орошаемых участках в Центральной Кулунде происходит постепенное увеличение минерализации грунтовых вод — повышается концентрация сульфатов, хлоридов и гидрокарбонатов натрия при минерализации 0,5—0,7 г/л. Натриево-кальциевый тип состава сменяется кальциево-натриевым, а при дальнейшем увеличении минерализации — натриевым. Интенсивность вторичного засоления, или годовой солевой баланс зоны аэрации, определяется в основном расходом грунтовых вод и их минерализацией. Поступление солей с поливной водой имеет подчиненное значение.

Основная масса растениеводческой продукции, производимой на юге Западно-Сибирской равнины, выращивается на черноземах и лугово-черноземных почвах. Они встречаются в комплексе с солонцеватыми черноземами и пятнами солонцов. В естественных условиях во всех породах, слагающих зону аэрации в степной зоне Западной Сибири, происходит засоление из-за недостаточного увлажнения, даже когда грунтовые воды пресные. В черноземных

почвах преобладающий тип засоления сульфатный и сульфатно-хлоридный, лугово-черноземные являются глубокозасоленными с неустойчивым типом хлоридно-сульфатно-натриево-магниевого и гидрокарбонатного засоления.

Особенность почв большей части степной зоны Западной Сибири — наличие в почвенном разрезе на глубине 1,2—2,5 м мощного соленосного горизонта. При подъеме грунтовых вод этот слой затопливается, и повышается концентрация порового раствора. Это явление катастрофически ускоряет процесс вторичного засоления на орошаемых землях при подъеме уровня грунтовых вод и залегании их на глубине 1—1,5 м. Интенсивное испарение создает условия для выноса солей в поверхностные слои почвы. В результате почвы из глубокосолончаковых становятся высокосолончаковыми.

После восьми лет эксплуатации орошаемые земли совхоза Ново-Омский в Омской области находятся в стадии интенсивного засоления. Тип засоления хлоридно-сульфатный. Около 45 % земель имеет слабое засоление при среднем содержании солей в метровом слое 0,2—0,3 %, 40 % — среднее при содержании солей в метровом слое 0,5—0,7 %, свыше 15 % — сильное при содержании солей 0,9—1,0 % и более. За короткий срок засолено 560 га черноземов. Применяются передовые агроприемы и соблюдается режим орошения, а хозяйство недополучает около 30—40 % продукции. Основная причина засоления — подъем уровня грунтовых вод, а основная причина подъема уровня грунтовых вод — плохая работа сбросной сети. При строительстве этой системы были допущены ошибки. Неверное же проектирование обусловлено отсутствием стационарной сети воднобалансовых площадок, которую необходимо срочно создать.

На Алейской оросительной системе за более чем 13-летний период эксплуатации значительная территория орошаемых земель подвергалась вторичному засолению, так как в период ее строительства не был предусмотрен дренаж.

Наблюдения В. Т. Гоффа и других исследователей за оросительными системами показывают, что вторичное засоление почв происходит через 6—10 лет после начала орошения. В черноземных почвах уменьшается количество тонких коллоидов — происходит усиленная миграция глинистой фракции черноземов, уменьшается содержание несиликатного железа, увеличивается концентрация тонкодисперсного железа и заметно снижается концентрация крупнодисперсных его форм, разрушаются глинистые агрегаты, возрастает емкость катионного обмена, но это только для отдельных фракций активного ила, сумма же емкостей обмена всех фракций сохраняется прежней.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что очень трудно сформулировать вывод о влиянии орошения на минеральную основу черноземов. Возможно, что негативные последствия орошения больше сказываются на агрохимических, агрофизических, некоторых химических и физико-химических свойствах почв.

Орошение влияет на деформационные свойства маловлажных обессоженных разностей пород зоны аэрации. При орошении черепоземов Приобья уже через час после начала промачивания уменьшается количество средних и крупных пор, обеспечивающих в почве нисходящий ток гравитационной воды, водопроницаемость грунта при плотности $1,00 \text{ г/см}^3$ понижается до неудовлетворительных в мелпоративном отношении величин, развиваются поверхностный сток поливных вод, смыв наиболее плодородного почвенного слоя и образование промоин. При дополнительном переувлажнении степень сжимаемости маловлажных пород ширинско-тазовского горизонта, слагающих озерно-аллювиальные равнины на левобережье Оби (междуречье Икса — Чая), увеличивается и составляет $0,1-0,15 \text{ МПа}$. При дальнейшем увеличении давления степень сжимаемости почв не меняется. При переувлажнении пород, по данным Т. Я. Емельяновой, сцепление у суглинков уменьшается от $0,036$ до $0,02 \text{ МПа}$, у глин — от $0,04$ до $0,022$ (глубины $1,1$ и $1,5 \text{ м}$).

Таким образом, орошение не может рассматриваться только как процесс подачи воды на поле. Необходимо предусматривать мероприятия по поддержанию оптимального водо-солевого режима и прежде всего создание дренажной и сбросной сетей.

С целью восстановления плодородия почв методом промывки проводились опыты в совхозе Ново-Омский. Наиболее эффективным методом оказалась промывка по бороздам. При опреснении метрового слоя почвы для снижения минерализации грунтовых вод с 15 до 5 г/л на промывку потребовалось $3,15$ тыс. $\text{м}^3/\text{га}$ воды. Дальнейшие наблюдения показали, что восстановления солей в зоне аэрации не произошло, а урожай биомассы стал в 8 раз больше, чем на контрольном участке, где засоление почвы увеличилось до $1,32 \%$. Искусственный дренаж, видимо, повысит эффективность и надежность этого способа промывки.

Проводились работы и по улучшению солонцов при помощи химической мелпорации гипсом в дозах $20-40 \text{ т/га}$ в сочетании с орошением в богарных условиях (опыты проводились в лесостепной зоне Барабинской низменности на целинных солонцах). Поверхностное орошение проводилось слабоминерализованными водами (2 г/л). Результат хороший. Освоение высоких солонцов под многолетние травы позволит снимать по два укоса в год.

Для коренного изменения свойств солонцов и засоленных почв в благоприятную сторону Ю. И. Акуленко рекомендует постоянно поддерживать низкий уровень грунтовых вод. Поэтому предлагается усилить эксплуатацию грунтовых вод в зонах развития засоленных почв с целью снижения их уровня. Это должно привести к уменьшению или даже прекращению испарения грунтовых вод, увеличению их фильтрационного питания и преобразованию засоленных почв.

Почвенно-эрозионное обследование Новосибирской области и Алтайского края показало, что эрозионные процессы прогрессируют. В Западной Сибири площадь потенциально опасных по водной эрозии земель превышает 5 млн. га, а четверть всех пахотных

земель в результате водной эрозии к настоящему времени утратила свой профиль. В Новосибирской области за семь лет площадь сельскохозяйственных в различной степени эродированных, возросла на 517 тыс. га, а площадь эродированной пашни — на 504 тыс. га.

В таежной зоне Западной Сибири и в Барабинской степи мелиорация земель связана в основном с осушением болот. В пределах Барабинской низменности из 11,7 млн. га общей площади более 4,5 млн. га территории занято болотами, в среднем течении Оби заболоченные луга занимают 19,2 % от общей площади поймы и т. д.

Осушение болот Барабинской низменности ведется давно — имеются данные наблюдений на осушенных с 1948 г. болотах, но и в Тюменской области к 1980 г. сдано в эксплуатацию около 70 тыс. га осушаемых земель. Осушаются низинные болота. Верховые болота относят к труднодоступной категории мелиоративного фонда.

На осушенных торфяных почвах Барабинской низменности увеличение плотности торфа, по И. И. Логинову, зарегистрировано лишь в слое мощностью до 50 см и составило $0,03 \text{ г/см}^3$ за 14 лет использования болота под однолетние культуры. За последующие пять лет увеличение плотности на этом участке составило $0,01 \text{ г/см}^3$. На Убинской опытно-мелиоративной станции Новосибирской области плотность торфа за 28 лет эксплуатации системы изменилась на $0,03—0,1 \text{ г/см}^3$, осадка торфа за это время составила 11 см.

Отличительная особенность болот Барабинской равнины — засоленность и крайне неблагоприятный тепловой режим (глубокое промерзание и медленное оттаивание). После осушения и освоения болот изменения плотности по глубине и во времени не оказывают существенного влияния на тепловые свойства мерзлого торфа. Теплопроводность и теплоемкость мерзлого торфа уменьшаются только в связи с понижением влагосодержания. Глубина промерзания болот резко увеличивается. В результате плохой теплопроводности торф оттаивает очень медленно (иногда до начала сентября). Глубина промерзания неосвоенных торфяных мощностью 80—100 см составляет 50—60 см, освоенных — 80—120 см. На участках маломощных торфов породы промерзают на 140—150 см. В результате заложенный закрытый дренаж в конце лета находился в мерзлом слое или под ним, т. е. дренаж не работал. На неосвоенном болоте наблюдаются те же годовые циклы изменения уровня грунтовых вод, что и на освоенных. В засушливые годы уровень грунтовых вод на освоенных и неосвоенных болотах в середине лета может быть одинаковым. Часто происходит переувлажнение, поэтому возникает необходимость разработки специальной системы осушения.

Опыт мелиоративного строительства в Западной Сибири показывает, что отсутствие культуры орошения земель привело к тому, что в проектах оросительных систем были плохо рассчитаны или вовсе отсутствовали дренажные сооружения, и это привело к тому, что в настоящее время на всех орошаемых территориях произошли повышение уровня грунтовых вод, увеличение минерализации

грунтовых вод и вследствие этого вторичное засоление почв. Изменение водного и солевого режимов почв привело к увеличению плотности почв, а это обусловило усиление смыва плодородного слоя почв и образование промоин. На осушенных болотах резко возросла глубина их промерзания, что стало причиной вывода из строя дренажных сооружений.

9.6. Гидротехническое строительство

В Западной Сибири к крупным гидротехническим сооружениям относятся Новосибирская ГЭС и каналы Иртыш—Караганда и Кулундинский. Все они находятся в южной части равнины в районе, имеющем резкоконтинентальный климат и приуроченном к зоне распространения талых дисперсных пород, к подзоне слабомувлажненных пород. Специфику инженерно-геологических условий подзоны определяет широкое распространение лёссовых пород.

Новосибирская ГЭС, расположенная на Оби выше Новосибирска, построена в 1956 г. Установленная мощность ГЭС 455 тыс. кВт, средняя годовая выработка 1,9 млрд. кВт·ч. В состав гидроузла входят гидроэлектростанция, бетонная водосливная и земляная плотины, судоходный шлюз и водохранилище. История создания и опыт строительства сооружений гидроузла описаны в монографии [30], поэтому здесь рассмотрено только влияние водохранилища на окружающую природу.

Водохранилище в настоящее время представляет собой типичный равнинный искусственный водоем общей площадью 1070 км² с объемом воды при нормальном подпорном уровне (НПУ) 8,86 млрд. м³, напором 19,7 м и средним многолетним стоком 55,6 км³. Ширина водохранилища в среднем равна 10 км (максимальная 22 км), длина составляет 185—230 км (по данным разных авторов), глубина не превышает 25 м. Уровень воды в водохранилище меняется в течение года на 1 м (максимум на 5 м). Возможные кратковременные превышения НПУ составляют не более 0,2 м.

В зону затопления попали пойменная терраса до г. Камня-на-Оби, первая надпойменная терраса до с. Соколова, вторая — до р. Тулы, третья терраса затоплена лишь в нижней части водохранилища. Все эти элементы рельефа сложены пересланяющимися лёссовидными супесями, суглинками, реже глинами и лёссами. Нижняя часть разреза террас представлена песками рыхлыми и средней плотности.

Создание водохранилища помимо удовлетворения потребностей народного хозяйства привело и к негативным последствиям: 1) затоплению и подтоплению освоенных земель; 2) разрушению берегов, где расположены населенные пункты, и формированию отелей; 3) переформированию русла реки и связанному с ним значительному понижению уровня воды в реке ниже гидроузла.

После заполнения водохранилища резко повысился уровень водоносных горизонтов в береговой полосе, на 8—12 м увеличи-

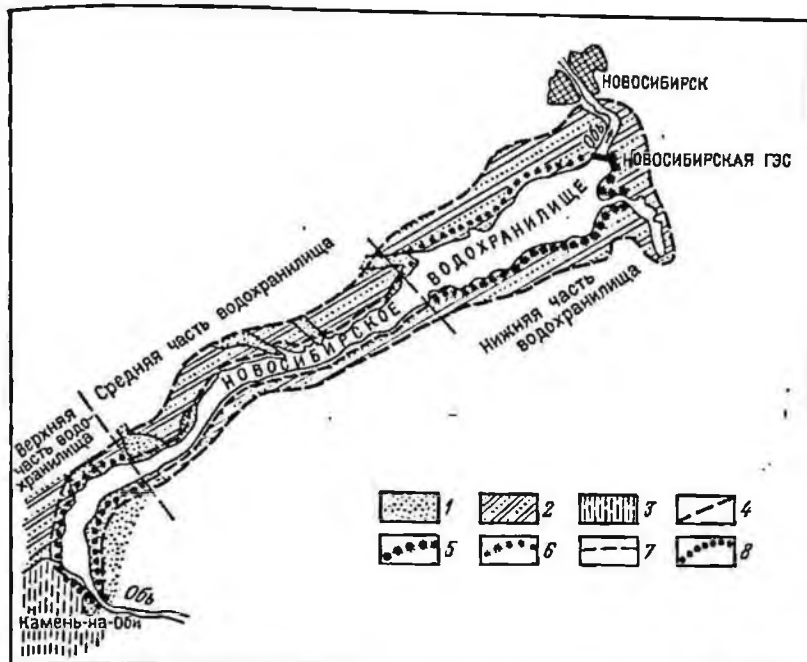


Рис. 9.3. Схема переработки берегов Новосибирского водохранилища (составила Т. Н. Маркевич по материалам С. Г. Бейрома):

1—3 — литологический состав пород, составляющих береговые уступы водохранилища (1 — пески мелкие и пылеватые, реже средней крупности, 2 — переслаивание песков, супесей и суглинков с преобладанием в верхней части рельефа облёссованных пород, 3 — лёссовые породы); 4 — граница зоны подпора грунтовых вод после создания водохранилища; 5 — участки наиболее интенсивной (250—350 м) переработки берегов; 6 — участки интенсивной (60—115 м) переработки берегов; 7 — участки слабой (до 60 м) переработки берегов; 8 — практическое отсутствие переработки берегов на большей части территории с локальными участками, где переработка достигает 30 м

лась их мощность в прилегающей к водохранилищу части. Подпор подземных вод со стороны водохранилища проявился по всему побережью. На отдельных участках он распространяется на несколько километров, особенно на правом и левом берегах в нижней части водохранилища, и на левом в средней части. Общая площадь влияния подпора на правом и левом берегах водохранилища составляет около 1000 км² [5]. В условиях высоких береговых уступов поднятие уровня подземных вод в результате подпора мало отражается на инженерно-геологических условиях прилегающей территории. Но на низинных участках, примыкающих к водохранилищу, характерно развитие процессов подтопления.

Акватория водохранилища подразделяется на нижнюю, среднюю и верхнюю части (рис. 9.3). Разрушение берегов наиболее интенсивно в нижней озеровидной части (первые 65 км вверх по течению от плотины), где берега сложены легко размываемыми верхнечетвертичными пылеватыми карбонатными супесями, суглин-

Таблица 9.1

Разрыв берегов нижней части Новосибирского водохранилища [4, 5]

Наим.	Высота уступа, м	Литологический состав пород	Отступление берега, м	Ширина отмели, м	Угол наклона
<i>Правый берег</i>					
с. Сосновка	2	Суглинки	3-10	200	1—2°
Бердская Ельцовка — ставки Бердск	7	Суглинки пылеватые	300	200	1—2°
	8	Пески мелкозернистые	≤ 200	130—150	1°—0° 50'
	10	Пески	≤ 250	—	—
<i>Левый берег</i>					
вост. Ленинское	—	—	115	≤ 150	1° 40'—1° 10'
с. Боровое	—	—	50	—	—

ками и редко глинами. Наибольшему обрушению подвергаются высокие берега правобережья и некоторые участки левобережья, находящиеся под воздействием волн. 25-летние наблюдения показали, что скорость разрушения берегов зависит от высоты уступа и литологического состава слагающих его пород. Береговые уступы, сложенные пылеватыми суглинками, высотой 7—8 м за первые три года отступили на 85 м (с. Верхняя Ельцовка), а уступы, сложенные мелкозернистыми песками, — на 70 м (Старый Бердск), причем за время наполнения водохранилища размыв берегов в лесовидных породах и песках достиг 35—40 % от величины перемещения бровки берега за 1957—1969 гг. Данные об изменении береговой линии водохранилища на рассматриваемом участке за 25 лет приведены в табл. 9.1. С 1961 г. по 1971 г. в нижней части водохранилища размыв берегов шел со скоростью 10—11 м/год в суглинках и 5—6 м/год в песках.

Средняя часть водохранилища имеет протяженность 86 км, берегами его здесь являются преимущественно первая и вторая надпойменная террасы Оби. В этой части водохранилища процесс переработки берегов ослабевает (табл. 9.2).

Верхняя часть водохранилища протяженностью 35 км несколько расширена и имеет близкий к речному режим. После заполнения водохранилища изменения береговой и прибрежной зон проявляются лишь на очень ограниченных участках (см. рис. 93). Отступление берегов за 25 лет составило от 17 м (с. Дресвянка) до

Таблица 9.2

Переработка берегов средней части Новосибирского водохранилища [4, 5]

Период после заполнения водохранилища, годы	Отступление берега, м	Образование отмели (угол) м
<i>Правый берег</i>		
3	5—17	26—34
17	6—19	50 (2—3°)
24	≤ 60	—
<i>Левый берег</i>		
3	7—10	19—23
17	Более 10	43—100 (1—2°)
24	—	—

32 м (с. Малетино), ширина отмелей уменьшается, крутизна увеличивается.

В целом по всему водохранилищу протяженность абразионных берегов через 7 лет достигла 225 км, а через 13 лет приращение абразионных берегов, по данным С. Г. Бейрома, составило 75 км. По данным И. В. Гармонова, протяженность абразионных берегов через 12 лет после заполнения водохранилища достигла 275 км, что составило 50% периметра водохранилища, а через 19 лет — 300 км, потеря земель — 15 км².

В настоящее время наблюдается общее снижение темпов отступления берегов во времени, но процесс переработки берегов все еще не затухает. Сейчас интенсивность процесса возрастает при форсировании уровня водохранилища. Даже незначительные изменения в уровненом режиме при совпадении с активными периодами ветрового волнения вызывают усиление абразионных и геодинамических процессов. Так, в 1969—1979 гг. подъем НПУ на 0,2 м вызвал увеличение размыва берега у Верхней Ельцовки на 30 % по сравнению с общей величиной отступления берега. Как показал опыт, наиболее эффективное средство борьбы с обрушением берегов — создание пляжей с морфометрическими характеристиками, принятыми по аналогии с естественными отмелями водохранилища.

Создание Новосибирского гидроузла вызвало существенное изменение в русловом режиме реки. Процессы, возникающие выше и ниже гидроузла, носят противоположный характер. Выше плотины, по данным Л. А. Благовидовой, в течение 15 лет работы водохранилища накопилось 14,1 млн. м³ осадков, произошло повышение дна реки. Седиментация идет со скоростью 5—7 см в год. Из-за повышения дна Оби увеличивается затопляемость поймы и одновременно усиливается раздробленность русла на рукава. Повышение уровня воды в реке сопровождается подтоплением низких частей долины, что активизирует карст, суффозию и оползание.

В нижнем бьефе, длина которого составляет 500 км, влияние гидроузла на русловой процесс распространяется на 130—140 км. Величина врезания русла на приплотинном участке составляет 1,5 м, идет интенсивное удаление материала с речного дна. Местами средние глубина и ширина русла за 20 лет увеличились более чем в 2 раза, чему способствуют и карьерные разработки аллювия в русле реки в районе Новосибирска. Это привело к снижению уровней воды в реке (к 1980 г.) в створе гидроузла на 50 см, в створе водомерного поста Новосибирска — более чем на 40 см, в районе городских водозаборов — на 75—80 см. В результате в описываемой зоне затопление поймы уменьшилось на 0,5 км, глубинная эрозия резко преобладает над боковой и распространяется вниз по течению со скоростью 12—15 км/год. Наблюдения показывают незатухающий характер врезания русла. В настоящее время главная роль в нарушении естественного руслового процесса принадлежит карьерным разработкам.

Изменение природной обстановки в результате эксплуатации каналов рассматривается для двух каналов вместе, так как климатические и геоморфологические условия местностей, по которым они проходят, близки, хотя литологический состав пород, в которых проложены каналы, разный.

К а н а л Иртыш - К а р а г а н д а — одно из крупнейших современных гидротехнических сооружений. Строительство его началось в 1962 г., постоянная эксплуатация — в 1974 г. Длина канала 458 км, из них первые 100 км проложены по Западно-Сибирской равнине. Головной водозаборной гидроузел с расходом 76 м³/с находится на притоке Иртыша выше р. Ермак, заканчивается канал в районе г. Караганды.

В пределах Западно-Сибирской равнины канал перескачет низкую и высокую поймы, первую и вторую надпойменные террасы Иртыша и Прииртышскую равнину. В разрезе отложений, слагающих эти геоморфологические элементы, преобладают аллювиальные песчаные и гравийно-галечниковые отложения с редкими прослоями суглинков и глины средне-позднечетвертичного возраста. Канал неукрепленный, проходит в неглубоких выемках глубиной 1—4 м, ширина по дну составляет 9,5 м, по верху — 40 м. Среднемесячный (с апреля по ноябрь) расход канала составляет 76 м³/с, средняя глубина равна 5 м, средняя скорость течения — 0,36 м/с. До начала эксплуатации глубина залегания уровня грунтовых вод составляла на пойме 0,2—1,5 м, на второй надпойменной террасе — 2,5—6 м, на Прииртышской равнине — 3—15 м.

Магистральный Кулундинский канал (МКК) находится в стадии строительства. Проектируемая протяженность канала 182 км, расчетный расход на головном водозаборе 25 м³/с. Эксплуатация канала ведется с 1978 г. Заполнение канала осуществляется постоянно, и к лету 1984 г. был задействован отрезок протяженностью 63,5 км. Головной водозабор из Оби расположен вблизи г. Камня-на-Оби, отсюда трасса проложена в юго-западном направлении и проходит южнее оз. Кучукское, пересекая первую

и вторую надпойменные террасы Оби, сложенные легкими пылеватыми суглинками и маломощными прослоями песков, а затем — склон ложбины древнего стока и склон Приобского плато. Разрез последних элементов рельефа представлен в верхней части (первые 2—6 м) пылеватыми и мелкозернистыми глинистыми песками и преимущественно лёссовидными супесями и суглинками краснодубровской, карасукской и касмалинской свит. Большая часть канала имеет земляное русло в выемке. Ширина канала равна 8—9 м, глубина — 3 м. Для уменьшения потери воды на фильтрацию по дну и откосам канала устраивается противофильтрационный экран. Уровень грунтовых вод в пределах ложбины древнего стока находится на глубине 1—2,5 м, в пределах склона Приобского плато — 6—20 м. Наблюдения показали, что уровень воды в канале выше естественного уровня грунтовых вод на 5—6 м, поэтому на большей части трассы канал питает грунтовые воды [44].

В условиях резко выраженной аридности климата и крайней неоднородности и проницаемости (канал Иртыш — Караганда) грунтов эксплуатация каналов создает предпосылки для развития ряда процессов, связанных прежде всего с фильтрационными потерями из канала, например, подъема уровня грунтовых вод (УГВ), в результате чего происходят заболачивание и вторичное засоление земель в сфере орошаемых массивов. Канал Иртыш — Караганда проложен в сильнопроницаемых грунтах (коэффициент фильтрации здесь 10—100 л/сут), поэтому для уменьшения безвозвратных фильтрационных потерь и предотвращения подтопления по обе стороны канала прорыты дренажные каналы, из которых насосные станции перекачивают профильтрованную воду обратно в канал. Однако с пуском канала местами произошло заболачивание прилегающих к нему земель.

Эксплуатация МКК привела к подъему уровня грунтовых вод на 1—5 м на участке сочленения долины Оби и Приобского плато и на 1,5—1,8 м в пределах склона ложбины древнего стока [44]. Скорость подъема уровня грунтовых вод составила в первые три года 0,2—0,9 м/год, а в последующие два года не превысила 0,4 м/год. В настоящее время УГВ находится на глубине 1—2 м. Общие фильтрационные потери за первый год работы канала в пределах долины Оби составили 2,186 тыс. м³, что соответствует среднему расходу 25 л/сут на 1 км канала, а в пределах Приобского плато — 1,056 тыс. м³, что равно среднему расходу 3—4 л/сут на 1 км канала. Со временем фильтрация из канала уменьшается. Ширина зоны подпора после пяти лет работы канала на участке склона Приобского плато составляет 150—250 м в обе стороны от русла. По расчетам [44], стабилизация уровней произойдет через 15 лет. При таких глубинах расход грунтовых вод в зону аэрации играет основную роль среди элементов водного баланса, что приводит к ухудшению солевого режима почв зоны аэрации.

Инженерно-геологическое обследование участков строящегося и эксплуатируемого канала показало, что на канале широко развиты явления гравитационно-оползневой типа, связанные с под-

резкой или пригрузкой обводненных склонов. Большие неприятности доставляют эрозионные процессы, которые проявляются в смыве грунта с незащищенных откосов каналов и выемок. Наибольшая скорость эрозионных процессов отмечается в супесях и лёссовидных суглинках, в основном делювиального происхождения.

Наблюдения вдоль канала на Алейской оросительной системе показали, что по берегам канала образуются промоины длиной от 0,5 до 7 м при максимальной глубине 0,2 м. Эти формы находятся в стадии активного развития. За период с мая по сентябрь 1986 г. наблюдаемые эрозионные образования увеличились в среднем на 0,5 и углубились на 0,3 м. На участках, сложенных лёссами, наблюдается суффозия, а на склонах, образованных суглинками, — оврагообразование, оползание грунта по морозобойным трещинам, оплывание откосов в местах выклинивания грунтовых вод и занесение русла, в результате чего профиль канала меняется. Очень интенсивно протекают просадочные процессы в толщах лёссовых пород на Приобском плато, где формируются микропонижения, блюдца, воронки и трещины.

Работа каналов носит периодический (сезонный) характер. При резких понижениях уровня воды в каналах — сбросах по окончании эксплуатации — происходит разгрузка грунтовых вод в русло канала, которая сопровождается резким усилением дренажной суффозии и разрушением бортов канала [44].

На канале Иртыш — Караганда отмечаются значительные деформации откосов, вдольбереговые перемещения наносов, а также искривление оси канала. Установлено, что наиболее существенная причина размыва откосов — ветровые волны.

До сих пор каналы работали в слабopоточном режиме: канал Иртыш — Караганда работает при расходах намного меньших проектных, а ММК два года работал как водоем-наполнитель, и только к 1980 г. скорость течения воды в нем достигла 0,50 л/с. С выводом каналов на проектный проточный режим ожидается изменение фильтрационных процессов.

Глава 10

ПРОГНОЗ РЕГИОНАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ И ПРОБЛЕМЫ ЕЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ В СВЯЗИ С ДАЛЬНЕЙШИМ НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННЫМ ОСВОЕНИЕМ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ ПЛИТЫ

10.1. Типизация техногенных воздействий на геологическую среду

При любом виде деятельности человека выделяют три стадии — изысканий, строительства и эксплуатации сооружений — в процессе которых человек воздействует на геологическую среду.

На стадии изысканий, которая в пределах Западной Сибири представлена геолого-разведочными буровыми, геофизическими и

опытными инженерно-геологическими и гидрогеологическими работами, осуществляются, как правило, такие типы воздействия, которые не приводят к коренным изменениям геологической среды. Мы здесь не рассматриваем тех воздействий, которые возникают в результате неправильной организации работ (езда на автомашинах по тундре в неположенное время года, оставление открытыми скважин после окончания работ и т. д.). Воздействия, как правило, являются кратковременными (время бурения скважин и проведения опытов исчисляются днями), точечными (площадь ограничена скважиной или кустом скважин), прямыми, механическими (подготовка площадки для бурения, снятие дернового покрова, приложение нагрузки на грунт и т. д.), динамическими.

Стадия строительства при любом виде деятельности характеризуется наиболее существенным воздействием на геологическую среду. Типы воздействия разнообразны (рис. 10.1) и, как правило, приводят к сильному изменению геологической среды.

При всех видах строительства воздействие площадное. Площадь воздействия имеет различные размеры. В одних случаях — это площадь отдельной строительной площадки (при строительстве нефтегазодобывающего комплекса, аэродромов, гидротехнических сооружений), в других — полоса (шириной от 30 м до 1 км) значительной протяженности (авто- и железные дороги, газонефтепроводы, мелиоративные каналы). При строительстве городов, поселков городского и сельскохозяйственного типов площадь воздействия включает всю территорию населенного пункта, а не только площадку отдельных объектов строительства. В большинстве случаев воздействия эти относятся к приповерхностным и лишь в отдельных случаях (строительство городских подземных коммуникаций, метро в Новосибирске, бурение скважин и оборудование их для водозабора и т. д.) — к глубинным. Как правило, эти воздействия прямые — механические (разравнивание площадки для строительства, снятие дернового покрова, создание песчаных подушек, грунтовых подсыпок, различных типов покрытий и т. д.), химические (укрепление оснований фундаментов химическими средствами), динамические (забивка свай, бурение скважин), термические (укладка асфальтовых покрытий, обжиг, замораживание или оттаивание грунтов оснований и др.). Все эти воздействия на стадии строительства направлены на изменение геологической среды в нужном направлении. Все эти прямые кратковременные воздействия вызывают на стадии эксплуатации косвенные длительные воздействия на геологическую среду.

Характерная особенность воздействия сооружений на геологическую среду в период их эксплуатации — длительность. Площадь прямых воздействий, как правило, совпадает с площадью сооружений, а площадь косвенных — превышает ее. Эта особенность проявляется при эксплуатации комплекса сооружений городских агломераций, нефтяных, газовых и водозаборных скважин, мелиоративных сооружений и водохранилищ. По глубине как прямые, так и косвенные воздействия в этот период в большинстве случаев

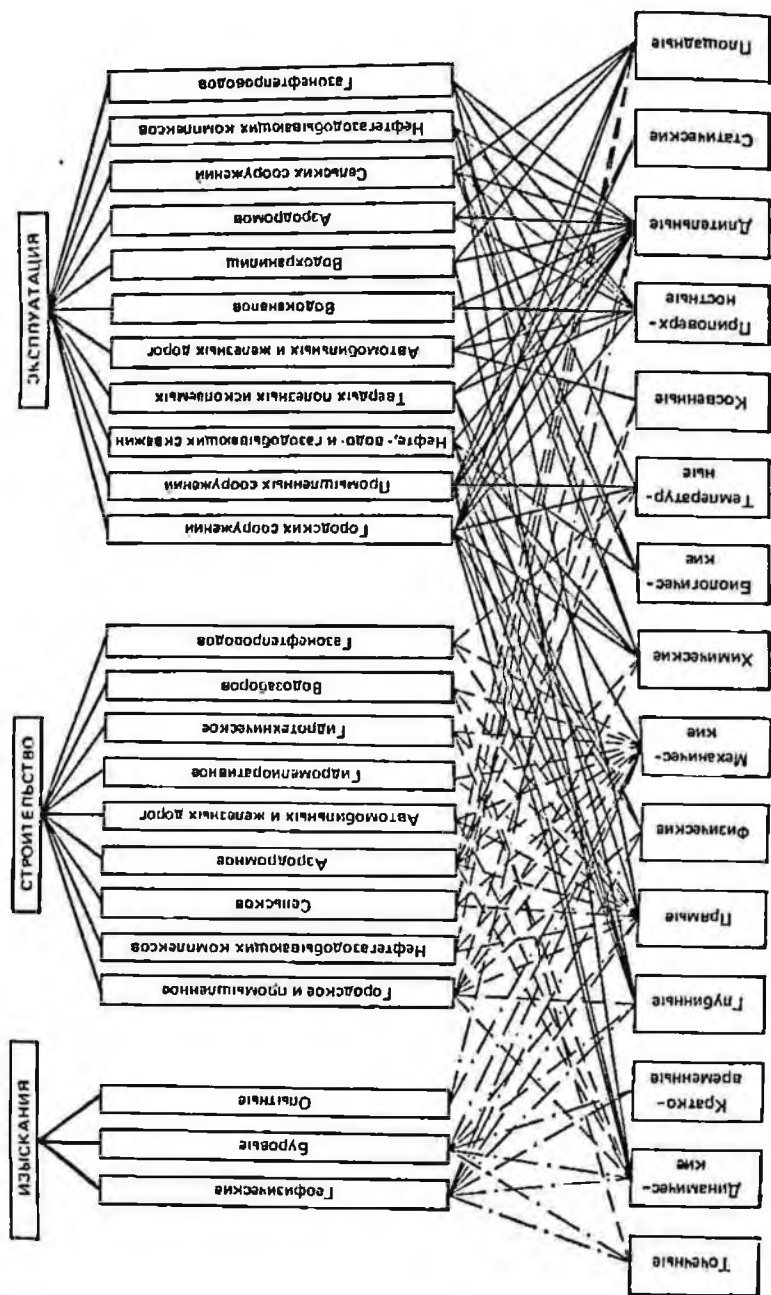


Рис. 10.1. Типизация техногенных воздействий на геологическую среду

сильнее, чем воздействия на стадии строительства (давление на грунт от сооружений, фильтрация поливных вод при эксплуатации мелiorативных систем, промораживание или оттаивание грунтов при эксплуатации газопроводов и т. д.).

Таким образом, каждая стадия деятельности человека вызывает тот или иной комплекс воздействия на геологическую среду (см. рис. 10.1) и определяет их продолжительность и площадь, а следовательно, масштабы нарушений и возможность их самовосстановления.

Анализ техногенных воздействий на геологическую среду Западной Сибири позволяет выделить в ее пределах четыре типа территорий, по площади в целом совпадающих с выделенными ранее инженерно-геологическими зонами.

Первый из них приурочен к югу Западно-Сибирской плиты, к зоне слабо- и умеренноувлажненных пород. Эта территория освоена практически полностью всеми видами строительства (см. рис. 10.1), характерными для Западной Сибири. В ее пределах изыскания проводятся в больших объемах, но они, как и строительство, рассредоточены по всей этой большой площади. Срок эксплуатации различных сооружений исчисляется многими десятилетиями и даже сотнями лет. Воздействия на геологическую среду чрезвычайно разнообразны и охватывают практически всю площадь зоны.

Территории второго типа, приуроченные к зоне сильноувлажненных пород, освоены слабо. Освоены в основном дренированные участки вдоль рек. Изыскания проводятся главным образом под линейные сооружения (газо- и нефтепроводы, дороги), в пределах месторождений нефти и газа, под промышленно-городское строительство. В большом объеме осуществляется строительство дорог, ЛЭП, трубопроводов, нефтеперерабатывающих комплексов и населенных пунктов. Сроки эксплуатации сооружений исчисляются первыми десятками лет. Воздействия на геологическую среду разнообразны, но охватывают в основном линейные дренированные участки вдоль рек.

Третий тип территории охватывает зону несплошного распространения многолетнемерзлых пород и отличается пока еще относительно слабым освоением. Изыскания проводятся в довольно больших и все возрастающих объемах, строительство также ведется с резким увеличением объемов и площадей. В основном это строительство дорог, новых городов, нефте- и особенно газопроводов и газонефтедобывающих комплексов. Сроки эксплуатации сооружений исчисляются первыми годами. Существенные воздействия на геологическую среду ограничены территориями строительства линейно вытянутых сооружений и населенных пунктов, промплощадками, месторождениями нефти и газа.

Четвертый тип территории приурочен к самому северу региона и совпадает с зоной практически сплошного распространения многолетнемерзлых пород. В настоящее время здесь осваиваются отдельные месторождения Тазовского п-ова и Приенисейского рай-

она, начаты изыскательские и строительные работы, в том числе и на Ямале. Воздействие на геологическую среду в большинстве районов пока связано с проведением буровых геологоразведочных работ и геофизических исследований на нефть и газ, с деятельностью немногочисленных населенных пунктов.

10.2. Характеристика измененности геологической среды

Измененность геологической среды находится в прямой зависимости от степени и вида освоения территории. В соответствии с этим в пределах Западной Сибири выделяют три типа территорий: интенсивно измененные, слабо измененные и практически неизмененные (рис. 10.2). Первый тип территорий в зависимости от типов воздействия и грунтовых толщ подразделяется на шесть подтипов, а второй — на два подтипа.

Интенсивно измененные территории. Территории первого подтипа сложены слабоувлажненными лёссовыми породами и расположены на крайнем юго-востоке региона (см. рис. 10.2). Территория здесь изменена комплексным воздействием строительства и эксплуатации объектов городского, промышленного, дорожного, гидротехнического и сельского типов.

Рельеф этой территории достаточно сильно изменен в результате нивелировки в пределах городов, поселков городского типа, гидротехнических и других сооружений; трассирования автомобильных и железных дорог; образования воронок, блюдеч вследствие увлажнения и просадки лёссовых пород в пределах городов, сельских угодий, по берегам водохранилищ; карьерных разработок песка, суглинков вблизи городов и дорог; переформирования русла реки выше плотины Новосибирской ГЭС; активизации склоновых процессов в результате изменения уровня грунтовых вод выше плотин и подрезки склонов; активизации эрозионных процессов в городах, вдоль дорог (в Новосибирске поражено оврагами более 3000 га селитебных земель); осадки грунтов под сооружениями; заболачивания по берегам водохранилищ, в городах и вдоль дорог вследствие подъема уровня грунтовых вод; создания культурного слоя в городах и поселках.

Грунты изменены в разных районах на различную глубину. Площадь их преобразования также велика. Состав грунтов изменен в результате химического загрязнения промышленными и хозяйственными отходами (в городах, вдоль дорог, на сельскохозяйственных угодьях), химического закрепления толщ и их переотложения (в дорожных насыпях, при засыпке оврагов, намыве грунтов, в культурном слое и т. д.). Состояние грунтов изменяется из-за увеличения влажности под искусственными покрытиями в городах, на дорогах и вблизи водохранилищ или, наоборот, при осушении пород в результате откачки подземных вод. Изменение свойств грунтов связано с уплотнением под действием веса зданий и сооружений, химическим закреплением грунтов, их трамбованием



Рис. 10.2. Измененность геологической среды Западно-Сибирской плиты (по А. С. Герасимовой):

1—5 — измененные территории (1 — территория, сложенная слабоувлажненными лесовыми породами и измененная под комплексным воздействием строительства и эксплуатации объектов городского, промышленного, дорожного, гидротехнического и сельского типов, 2 — территория, сложенная умеренно увлажненными глинистыми и лесовыми (а) и песчаными (б) породами, измененная под комплексным воздействием строительства и эксплуатации объектов мелпоративного, дорожного и сельского типов, 3 — территория, сложенная слабо- и умеренноувлажненными песчаными, глинистыми и лесовыми породами и измененная под комплексным воздействием объектов городского, промышленного, дорожного и сельского типов, 4 — территория, сложенная сильноувлажненными песчано-глинистыми породами и измененная под воздействием строительства и эксплуатации объектов нефтяной и газовой промышленности, транспортировки нефти и газа, ЛЭП, городского, дорожного типов, 5 — территория, сложенная многолетнемерзлыми и тальными песчано-глинистыми сильноувлажненными породами и измененная под воздействием строительства и эксплуатации объектов нефте- и газодобычи, нефтяной и газовой транспортировки, железнодорожного, автомобильного и городского типов); 6, 7 — слабо измененные территории (6 — территория, сложенная многолетнемерзлыми породами и измененная под воздействием изыскательских и разведочных работ, 7 — территория, сложенная тальными и лесными породами и измененная под воздействием строительства и эксплуатации объектов сельского, поселкового и леспрохозного типов, изыскательских и разведочных работ); 8 — практически неизменные территории; 9 — границы инженерно-геологических зон; 10 — границы территорий с различной степенью измененности геологической среды

под фундаменты, откачками подземных вод, спеканием грунтов под горячими цехами и теплопроводами, сезонным пучением на дорогах и под зданиями.

Подземные воды также претерпели существенные изменения. Здесь часто наблюдается повышение уровня грунтовых вод в результате утчек из коммуникаций в городах, создания больших и малых каналов и водохранилищ, заболачивания выемок вдоль дорог. Вследствие отбора вод из водоносных горизонтов вблизи го-

родов, особенно старых, формируются депрессионные воронки. В городах, поселках, вдоль дорог и на сельскохозяйственных угодьях отмечается загрязнение грунтовых вод промышленными и хозяйственными отходами.

Территория, сложенная умеренноувлажненными засоленными глинистыми, лёссовыми и песчаными породами, измененная под комплексным воздействием строительства и эксплуатации объектов мелноративного, дорожного и сельского типов, занимает большую площадь на юге региона (см. рис. 10.2). Рельеф здесь изменен в результате создания насыпей, выемок, каналов; образования просадочных воронок и блюдц при увлажнении лёссовых пород и их просадке вдоль дорог и каналов; развития эрозионных процессов вдоль дорог и каналов; заболачивания выемок вдоль дорог; развития оползневых обвальных и осыпных процессов на склонах каналов; дефляции почв.

Состав, состояние и свойства грунтов здесь изменяются вследствие увеличения влажности грунтов вдоль дорог и каналов; разрушения почвенных агрегатов на орошаемых площадях; засоления глинистых и лёссовых и рассоления песчаных пород на орошаемых площадях; засоления глинистых пород на осушаемых площадях (центральная часть Барабинской равнины, бассейны Оби, Тартаса, Кургата, Чулыма); загрязнения пород загрязняющими веществами вдоль автомобильных (твердые частицы, угарный газ, углеводород, сажа, оксиды азота и серы, тяжелые металлы) и для железных (нефть, железо и т. д.) дорог; пучения дорожного полотна при увеличении влажности пород; перевевания песков.

К изменению режима и химического состава подземных вод приводит подъем уровня грунтовых вод на орошаемых площадях и вдоль дорог (на территориях, где глубина залегания грунтовых вод составляет 5—10 м, орошение приводит за три года к повышению этого уровня до критической глубины); понижение уровня грунтовых вод на осушаемых площадях; засоление грунтовых вод на осушаемых заболоченных площадях; возникновение очагов засоления сульфатно- и хлоридно-содового типа; формирование депрессионных воронок и повышение минерализации изливающихся вод в районах, где пробурены постоянно фонтанирующие скважины (Баганский и Чистоозерный районы).

Территория, сложенная слабо- и умеренноувлажненными песчаными, глинистыми и лёссовыми породами, измененная под воздействием строительства и эксплуатации объектов городского, промышленного, дорожного и сельского типов, расположена на юге и юго-западе региона. Здесь наблюдаются те же изменения рельефа, пород и подземных вод, которые характерны для территории первого подтипа. Оглинение заключается в очень слабом развитии процессов, приуроченных к толщам лёссовых просадочных пород, из-за неширокого их распространения и малой мощности, а также отсутствия крупных водохранилищ.

Территория, сложенная сильноувлажненными песчано-глинистыми породами и измененная под воздействием строительства и

эксплуатации объектов нефтяной и газовой промышленности, транспортировки нефти и газа, ЛЭП, дорожного и городского типов, охватывает большие площади (см. рис. 10.2). Воздействия на геологическую среду здесь разнообразны, но глубина их во многих районах не превышает 5 м, а площади характеризуются линейной вытянутостью. Рельеф значительно изменен в результате укладки нефтегазопроводов и засыпки их вынутым грунтом; создания площадок из насыпного грунта для ЛЭП; карьерных работ; нивелировки при строительстве городов, поселков, нефтегазопроводов; уплотнения и осадки грунтов под сооружениями; заболачивания вдоль дорог и газонефтепроводов; эрозионных процессов на обнаженных участках в городах вдоль дорог и трубопроводов; осыпных, обвальных или оползневых процессов на склонах выемок.

Изменение состава, состояния и свойств пород происходит в различных направлениях и связано с намывом грунтов, что приводит к созданию нового их типа (верхняя и средняя части этих образований уплотняются в первые три-четыре месяца, а нижняя — в течение двух лет); неравномерным уплотнением грунтов под насыпями, зданиями, газонефтепроводами (в связи с различным их составом и состоянием); сезонным пучением переувлажненных грунтов, особенно на оголенных участках; размоканием, уменьшением прочности грунтов в результате их переувлажнения; проявлением тиксотропных свойств переувлажненных грунтов под действием динамических нагрузок; упрочнением грунтов химическими и термическими способами, а также под горячими цехами, печами и теплопроводами; изменением глубины сезонного промерзания на оголенных участках и образованием перелетков мерзлых пород; загрязнением грунтов вдоль дорог выбросами газов, твердых веществ и жидкостей; нарушением температурного режима пород и появлением ореолов промерзания (мощность 1--1,5 м) под газотрубопроводами (газ охлажден до -10°C).

Изменяются режим и состав подземных вод: повышается уровень грунтовых вод в городах и поселках, вдоль дорог и трубопроводов; происходит химическое загрязнение подземных вод в городах и вдоль дорог. На небольших участках вблизи крупных городов проводится осушение заболоченных территорий, которое приводит к значительной осадке торфа (от 1 до 7,5 см/год) и формированию мульд оседания (Тарманское болото за четыре года осело на 38 см) вследствие того, что сжатие обезвоженного пласта (в слаботифицированных породах) происходит быстро, а уплотнение кровли — медленно.

Территория, сложенная многолетнемерзлыми и тальми песчано-глинистыми сильноувлажненными породами и измененная под воздействием строительства и эксплуатации объектов нефте- и газодобычи, транспортировки нефти и газа, железнодорожного, автомобильного и городского типов, расположена в северной половине региона (см. рис. 10.2). Наличие многолетнемерзлых пород определяет наиболее существенные и глубокие изменения геологической среды.

Изменения рельефа здесь связаны с образованием просадочных форм; активизацией термокарстовых процессов и заболачивания вследствие нарушения почвенно-растительного покрова; развитием водной эрозии вдоль трасс газопроводов вследствие нарушения естественного стока; активизацией эрозии и солифлюкции на искусственных и естественных склонах; оседанием поверхности под влиянием городской застройки, строительства газопроводов, нефтеперерабатывающих агрегатов и насыпей, добычи нефти и газа; перемещением грунтов и созданием насыпей, карьеров, выемок и площадок; дефляцией почв и торфов.

Изменены состав, состояние и свойства пород. В пределах городских застроек и под газопроводами отмечается понижение верхней границы многолетнемерзлых пород, а на транспортных магистралях за счет уплотнения снежного покрова — ее повышение. На больших площадях сформированы искусственные грунты — грунты обратной засыпки, состав и свойства которых стабилизируются в течение трех-семи лет после их образования, а также грунты насыпей, площадок и т. д. Кроме того, здесь наблюдаются формирование плывунов в результате нарушения естественного залегания обводненных пылеватых суглинков и перемешивания их с торфом; уплотнение пород под действием дополнительной нагрузки от сооружений; загрязнение и замазучивание грунтов нефтепродуктами; изменение напряженного состояния массивов грунтов вследствие добычи нефти и газа; разупрочнение водонасыщенных глинистых грунтов при вибрации, взрывах динамических нагрузок (после прекращения вибрации происходит восстановление их свойств).

Подземные воды также претерпевают существенные изменения. Один из наиболее характерных процессов — повышение уровней и формирование надмерзлотной верховодки в пределах городских застроек и полос газонефтепроводов. На территориях добычи нефти и газа отмечаются загрязнение подземных и поверхностных вод нефтепродуктами, буровыми растворами и промышленными водами; изменение минерализации (в отдельных случаях увеличение в 2—3 раза) и бактериального состава (появление аэробной микрофлоры и сульфатовосстанавливающих бактерий); падение внутрипластовых давлений; формирование новых водоносных горизонтов вследствие замещения выкачиваемой нефти водой.

Наблюдения показывают, что в пределах всех описанных подтипов территорий наиболее существенные изменения геологической среды происходят в начальный период эксплуатации сооружений. В дальнейшем взаимосвязи сооружения и геологической среды стабилизируются. Однако в большинстве случаев измененная среда не восстанавливается при функционировании объектов.

Слабо измененные территории. Их границы трудно оконтурить определенной линией, так как воздействия в их пределах чаще всего точечные, локальные, а в отдельных случаях пока кратковременные, поэтому в схеме они нанесены точками.

Территория, сложенная многолетнемерзлыми породами и измененная под воздействием изыскательских геологических работ, расположена на севере. Наличие ММП определяет высокую чувствительность геологической среды к любым, даже незначительным воздействиям. В пределах этого типа территорий воздействия в данное время в основном кратковременные, поэтому прекращение его чаще всего приводит к самовосстановлению геологической среды.

К числу наиболее распространенных прямых воздействий можно отнести езду на транспорте по бездорожью, бурение разведочных и геофизических скважин, взрывные работы и пожары. Эти воздействия приводят прежде всего к нарушению или удалению растительного покрова, а это в свою очередь вызывает следующие трансформации приповерхностного слоя геологической среды: изменение температуры грунтов; увеличение глубины сезонного промерзания и амплитуд колебания температур в сезоннооттаивающем слое; возникновение термокарстовых форм рельефа; заболачивание; активизацию солифлюкции и дефляции; изменение водно-физических свойств пород и потерю их прочности (проявление плавучих свойств).

Бурение скважин и взрывные работы вызывают не только приповерхностные, но и глубинные изменения геологической среды. Они, в частности, приводят к трансформации температуры пород на глубину бурения скважины; изменению водно-физических и прочностных свойств пород (потеря прочности от вибрации), а также химического состава подземных вод вследствие нагнетания в скважины бурового раствора.

Территория, сложенная талыми и немерзлыми породами и измененная под воздействием строительства и эксплуатации объектов сельского, поселкового, леспрохозовского типов, примыкает к крупным речным долинам (см. рис. 10.2). Изменения геологической среды здесь чаще всего приповерхностные, связанные с нарушением и полным исчезновением растительного покрова. К ним относятся увеличение глубины сезонного промерзания; активизация процесса заболачивания; сезонное пучение переувлажненных грунтов на дорогах и под зданиями; появление верховодки; активизация склоновых процессов в связи с подрезкой склонов; стихийное создание искусственных грунтов в населенных пунктах.

В местах бурения разведочных скважин изменения геологической среды распространяются на большие глубины, но являются точечными и направлены в основном на изменение температуры и свойств пород. Прекращение этих воздействий приводит к восстановлению геологической среды.

Практически неизменные территории. Они к настоящему времени занимают большую часть региона, практически не освоенную человеком. Геологическая среда здесь испытывает косвенное влияние тех воздействий, которым подвержены соседние освоенные территории. Отметим лишь некоторые из них.

Создание Новосибирского водохранилища оказывает воздействие на режим рек и подземные воды, которое распространяется и на эти территории и вызывает, в частности, такие процессы, как осушение болот и дефляция. Добыча нефти и газа приводит к опусканию поверхности на значительных пространствах Западной Сибири. Закачка промышленных вод в скважины вместо нефти и газа, способствующая формированию новых водоносных горизонтов, наверняка воздействует и на водоносные горизонты неосвоенной территории. Газовые факелы, горящие беспрерывно в течение многих лет, также воздействуют на геологическую среду неосвоенных территорий, но масштабы этих воздействий до настоящего времени не изучены.

В ближайшие годы освоение Западной Сибири будет неуклонно смещаться на север региона, поэтому рассмотрим более подробно измененность геологической среды этой его части.

Область аккумулятивных равнин, сложенных преимущественно морскими средне- и верхнечетвертичными осадками, занимающая северную часть Западной Сибири, является регионом преимущественного освоения газовых месторождений, вызывающего значительные нарушения геологической среды в результате бурения и эксплуатации глубоких скважин, сооружения пунктов по переработке газа, компрессорных станций, трубопроводов, линий электропередач, автомобильных и железных дорог, карьеров. Освоение нередко сопровождается пожарами, приводящими к возникновению обширных гарей, и движением гусеничного транспорта вне дорог в летний период, вызывающим заметные деформации поверхности и развитие инженерно-геологических процессов.

В настоящее время на севере Западной Сибири интенсивность изменения геологической среды в разных инженерно-геологических областях второго порядка весьма различна, поэтому рассмотрим ее применительно к каждой области.

В Ямальской области нарушения геологической среды связаны с наличием 14 поселков и освоением газовых месторождений [15]. Сейчас в пределах месторождений имеется сеть глубоких скважин, можно видеть многочисленные следы движения гусеничного транспорта. Площадь нарушенной зоны около глубоких скважин может достигать 0,5 км². Вокруг скважин отмечаются деформации поверхности, приводящие на торфяниках к развитию термокарста и просядок и возникновению озерков. На дренированных участках, сложенных суглинками и супесями, в нарушенной зоне активно развивается овражная эрозия, а на склонах — солифлюкция. На дренированных участках, сложенных песками, активизируются эоловые процессы. По данным стационарных наблюдений (район пос. Мар-ре-Сале), на нарушенных участках овраги увеличиваются за год в ширину на 1—2 м, в глубину — примерно на 0,5 м. Глубина сезонного протаивания на минеральных грунтах возрастает в первые годы после нарушения на 30—40 %, а на торфах в местах просадки — в 2 раза. На торфяниках, подвергшихся просадкам, среднегодовая температура пород на подошве слоя годовых колебаний по-

вышается на 0,4—0,5 °С. Напротив, на дренированных минеральных участках после снятия растительного покрова наблюдается небольшое понижение среднегодовой температуры пород (в пределах 0,2 °С).

Планируемое освоение газовых месторождений Ямала (строительство компрессорных станций, пунктов по переработке газа, трубопроводов, ЛЭП, автомобильной и железной дорог) вызовет новые, более значительные изменения геологической среды, приведет к активизации термокарста и термоэрозии по подземным льдам, развитию солифлюкции на склонах и подтопления и заболачивания на плоских поверхностях, если не будут строго соблюдены проектный режим строительства и эксплуатации сооружений.

В Гыданской области основные нарушения геологической среды обусловлены наличием девяти поселков и освоением Мессояхского и Соленинских газовых месторождений. На остальных шести газовых месторождениях Гыданского полуострова пока имеется лишь редкая сеть глубоких скважин.

Значительные нарушения геологической среды Гыданской области связаны со строительством газопровода Мессояха — Норильск. В полосе газопровода интенсивно развиваются термокарст по жилным льдам и термоэрозионное оврагообразование [11]. Так, в течение трех лет отмечалось вытаивание ледяных жил на торфяниках на глубину 2—3 м и ширину 0,5—1 м. На склонах отмечено солифлюкционное оплывание, захватившее за три года склоны протяженностью 200—250 м. За этот же период образовались овраги шириной до 7 м, глубиной 3—3,5 м и протяженностью до 250 м. Среднегодовая температура грунтов после снятия мохово-торфяного покрова повышается на 1—2 °С.

В Тазовской области в настоящее время имеется один поселок, четыре газовых месторождения, из которых сейчас осваивается Ямбургское, и сеть глубоких скважин. Построены газопровод Ямбург — Центр, автодорога, ЛЭП и компрессорная станция. Наибольшие изменения геологической среды наблюдаются в районе Ямбурга и по трассам линейных сооружений. Здесь развиваются такие процессы, как термоэрозия, термокарст, солифлюкция, заболачивание и дефляция. На участках, где мощность снежного покрова увеличилась, отмечается повышение среднегодовой температуры пород на 0,5—1 °С [12]. На участках, где мощность снега уменьшилась, среднегодовая температура пород понижается. В местах просадок мощность сезонного слоя возрастает в 2 раза и более.

В Обь-Надымской области изменения геологической среды связаны с наличием 18 поселков, двух городов, мертвой железной дороги Салехард — Игарка, газопровода Надым — Пунга, ЛЭП, автомобильных дорог.

На территории Салехарда, где ведутся длительные стационарные наблюдения за изменением геокриологических условий под влиянием городской застройки, под зданиями и на улицах отмечается понижение температуры ММП в 2—3 раза по сравнению

с естественными условиями и промерзание псевдоталиков. Во дворах и у подветренных частей зданий, где скапливается снег, сливающиеся ММП превращаются в несливающиеся, и температура пород повышается. На отдельных участках наблюдаются подъем уровня грунтовых вод и заболачивание территории. Перераспределение и концентрирование поверхностного стока активизируют развитие овражной эрозии (интенсивность ее в 5—10 раз выше, чем в естественных условиях).

В полосе «мертвой» железной дороги наибольшие изменения геологической среды наблюдаются на торфяниках, буграх пучения и заболоченных участках. На временных дорогах, пересекающих заболоченные участки, и на территории временных поселков, расположенных на мелкобугристых торфяниках, мощность сезонного слоя сохранилась и через 30 лет после нарушения. Местами здесь образовались термокарстовые понижения, под которыми поверхность многолетнемерзлых толщ понизилась на 3—3,5 м. В пределах крупнобугристых торфяников в полосе железной дороги отмечаются небольшое повышение среднегодовой температуры пород (до 1°C) и образование термокарстовых понижений глубиной 0,2—1,6 м, под которыми кровля ММП понизилась на 2—3 м. Такое же понижение кровли мерзлых толщ наблюдалось и на буграх пучения, которые пересекали временные грунтовые дороги.

В полосе газопровода Надым—Пунга (первая нитка) ширина нарушенной зоны в разных ландшафтных условиях варьирует от 40 до 400 м. Повторное картирование техногенных нарушений показало, что на некоторых участках трассы нарушенная зона, составлявшая в год освоения 50 м, через пять лет после прокладки газопровода увеличилась до 175 м, а через десять — до 370 м. Расширение нарушенной зоны при эксплуатации газопровода связано с периодическими новыми нарушениями, которые возникли в результате изменения трассы зимника, прокладки насыпной грунтовой дороги, появления новых карьеров и водоотводных каналов, эпизодического движения вне дороги гусеничного транспорта в теплый период и вторичной отсыпки насыпи газопровода. Кроме того, оно связано с влиянием подтопления, развитием термокарста и заболачивания в прилегающих к трассе и первоначально не нарушенных природных комплексах, обусловленных изменением условий стока поверхностных и подземных вод. Подсчет показал, что площадь первоначально нарушенных участков за счет развития заболачивания, термокарста и других экзогенных геологических процессов может увеличиваться от 2 до 30 %.

Наибольшие изменения геологической среды в полосе трассы газопровода отмечены на буграх и грядах пучения. В просадках и выемках на буграх кровля многолетнемерзлых толщ понизилась на 3—5 м, а среднегодовые температуры на подошве слоя годовых колебаний повысились на 0,5—1°C. В некоторых просадках на буграх образовались озерки, глубина которых в последние годы увеличивается и в настоящее время составляет 0,8 м. Влажность

сезонноталого слоя на буграх уменьшилась более чем в 2 раза. В связи с этим бугры плохо зарастают и покрыты редкой травяно-моховой растительностью, на них активизировались эоловые и эрозийные процессы. В просадках на торфяниках мощность сезонноталого слоя увеличилась в 2—3 раза. Вокруг трубы газопровода (третья нитка газопровода Надым — Пунга), по которой транспортируется теплый газ, за 12 лет образовался ореол оттаивания радиусом 10 м.

Значительные изменения геологической среды отмечаются в Надым-Пуровской области, где расположены десять газовых месторождений, в том числе Большое Уренгойское и Медвежье, два города, сеть многочисленных глубоких скважин, пять поселков, шесть компрессорных станций, газопроводы Уренгой — Медвежье, Уренгой — Помары — Ужгород, местная железная дорога в районе Надыма и автомобильные дороги.

Для месторождения Медвежье по космическим снимкам локального уровня генерализации проводилась инвентаризация произведенных здесь техногенных нарушений. Подсчет площадей, подвергшихся техногенным изменениям, показал, что наименьшие площади (1 %) занимают нарушенные зоны у скважин и пунктов переработки газа, немного большие площади (3 %) приходятся на трассы линейных сооружений и значительное распространение (25 %) имеют гари.

Влияние техногенных нарушений на инженерно-геологические условия в прискважинной зоне и по трассам линейных сооружений проявилось в следующем: 1) в 1,5—3 раза увеличились мощности сезонноталого слоя; 2) появились термокарстовые западины, в которых возросли мощность снега и среднегодовая температура пород (на 0,5—1 °C); 3) отмечается развитие эрозийных процессов (появление и рост оврагов); 4) понизились (на 1 °C) среднегодовые температуры и уменьшилась глубина кровли ММП на ранее залесенных участках в результате сокращения мощности снега после вырубki леса [12].

В Пур-Тазовской области изменения геологической среды в настоящее время небольшие. Здесь расположены десять газовых месторождений, редкая сеть разведочных глубоких скважин и четыре поселка. Планируются освоение Заполярного месторождения и строительство газопровода, а пока нарушения геологической среды обусловлены бурением скважин и наличием поселков. В нарушенной зоне около скважин наблюдаются увеличение мощности сезонноталого слоя и повышение среднегодовой температуры пород в образовавшихся просадках до 1,5 °C.

В Таз-Туруханской области техногенные нарушения геологической среды пока минимальны и связаны с бурением глубоких разведочных скважин. Данные о влиянии этих скважин на геологическую среду, насколько нам известно, в литературе отсутствуют.

Таким образом, на севере Западной Сибири наибольшая интенсивность изменения геологической среды отмечается в западных и центральных районах (Надым-Пуровская, Обь-Надымская и Та-

зовская области), в пределах которых идет освоение газовых месторождений. Наименьшая изменчивость характерна для восточных районов криолитозоны Западной Сибири (Пур-Тазовская и Таз-Туруханская области).

10.3. Региональные прогнозные тенденции изменения геологической среды в связи с хозяйственным освоением Западно-Сибирской плиты

Тенденции изменения глубин залегания и химизма (агрессивности) подземных вод¹. По характеру современного и прогнозного распространения негативных (для строительства и особенно для эксплуатации зданий и сооружений) техногенных изменений глубины залегания и химического состава подземных вод в пределах Западно-Сибирской плиты выделяются четыре широтные природно-техногенные зоны, границы которых контролируются изменчивостью природных условий и особенностями инженерно-хозяйственного использования территории (рис. 10.3).

Зона весьма ограниченного распространения негативных изменений характеризуется практически сплошным распространением дисперсных ММП, очень слабой инженерно-хозяйственной освоенностью и заселенностью и, что особо важно, использованием первого принципа строительства на ММП.

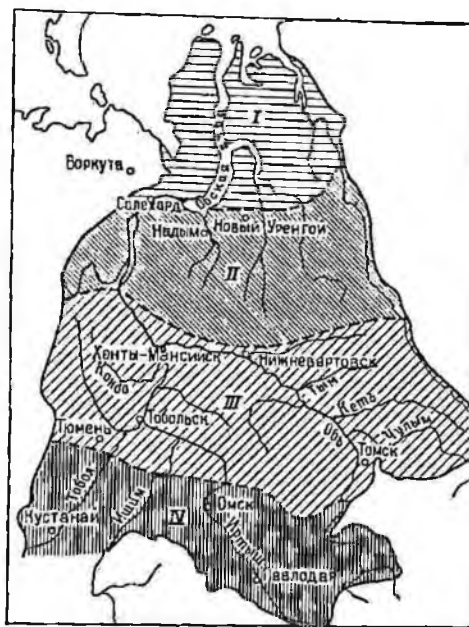
Сохранение в основаниях зданий и сооружений мерзлых грунтов не только препятствует их техногенному протаиванию, но в ряде случаев способствует сокращению мощности сезонноталого слоя в пределах застройки. Лишь при грубых нарушениях режима эксплуатации тепловыделяющих сооружений возможно формирование в грунтах оснований локальных техногенных таликов — чаш протаивания. Обводнение последней связано с таянием ледяных включений и прослоев, дегидратацией оттаявших глинистых грунтов при уплотнении, притоком вод сезонноталого слоя с соседних территорий, инфильтрацией скапливающихся в подпольях снеготалых вод, летне-осенних осадков, сбросов конденсата и аварийных утечек из водонесущих коммуникаций. Каждая чаша протаивания характеризуется собственным режимом надмерзлотных вод, зависящим от конкретных особенностей ее образования и обводнения. В целом в этой зоне данные процессы могут носить лишь весьма ограниченный, локальный характер.

Зона ограниченного распространения негативных изменений отличается от предыдущей несплошным (прерывистым) распространением дисперсных ММП, несколько большей, но в целом еще слабой освоенностью и заселенностью, а главное — применением второго принципа строительства на многолетнемерзлых и сезоннопромерзающих породах.

¹ Составили Е. С. Дзекцер, С. М. Казенов и Н. В. Тихопова.

Рис. 10.3. Современное распространение негативных техногенных изменений глубины залегания и химического состава подземных вод на застроенных и застраиваемых территориях Западно-Сибирской плиты (по С. М. Казеннову).

Зоны распространения негативных изменений: I — весьма ограниченного, II — ограниченного; III — широкого; IV — весьма широкого



Использование предварительного оттаивания грунтов оснований и отапливаемых технических подполий (например, в Новом Уренгое) вызывает деградацию высокотемпературных ММП под зданиями и сооружениями и формирование сложной конфигурации кровли местных криогенных водоупоров. Постепенное техногенное увеличение мощности талых грунтов в пределах застройки, слияние разобщенных чаш протаивания и усиление при деградации мерзлой толщи дренажного влияния местных эрозийных врезов способствуют некоторому снижению уровней подземных вод. Но при существенном увеличении их дополнительного питания за счет искусственных факторов и источников обводнения талых грунтов возможно повышение уровней и развитие талых водного подтопления возведенных по второму принципу зданий и сооружений.

При освоении массивов талых и немерзлых пород в перспективной для строительства глубинной залегающей грунтовыми вод (например, в Надыме) нежелательные повышения их уровней могут происходить из-за ухудшения условий дренажного формирования местных подпоров в результате применения свайных фундаментов и заглубленных конструкций, возникновения перелетков и подтопления мерзлых пород в местах уплотнения и уборки снега. В водоуплотненных грунтах обратных засыпок и планировочных подсыпок при инфильтрации атмосферных осадков, конденсации водяных паров и утечках возможно техногенное формирование верховодки и водоносных горизонтов.

Изменения химического состава грунтовых вод на застроенных территориях описываемой зоны выражаются в увеличении общей минерализации вод и в частности концентрации сульфата, хлора, натрия и азотных соединений. Возможны локальные загрязнения растворимыми компонентами нефтепродуктов.

Зона широкого распространения негативных изменений характеризуется развитием талых и немерзлых сильноувлажненных дисперсных пород, относительно высокой инженерно-хозяйственной освоенностью и заселенностью, а главное — потребностью в интенсивном применении защитных инженерных мероприятий при строительном освоении и последующей эксплуатации обширных территорий, заболоченных и подтопленных подземными водами в естественных условиях (с мощностью зоны аэрации на период межени менее 3 м).

Вместе с тем широко распространено техногенное подтопление застроенных площадей. Так, на севере зоны в Сургуте и Нижневартовске происходит повышение уровней грунтовых вод, связанное с утечками из водонесущих коммуникаций, нарушение условий поверхностного стока, засыпкой естественных дренажей, подпором со стороны водохранилищ, барражированием свайными полями и подземными конструкциями, намывами тонкодисперсных грунтов, образование перелетков мерзлых пород в местах уплотнения и удаления снега.

На юге зоны, где подтопление отмечается в городах Томске, Тюмени и Тобольске, действуют те же искусственные факторы повышения уровней. Но из-за большей теплообеспеченности этих районов заметно возрастает роль дополнительного питания грунтовых вод за счет обильных поливов парков, садов и огородов.

На застроенных территориях этой зоны отмечается увеличение общей минерализации грунтовых вод и содержания в них органических веществ и химически активных вредных компонентов. Неравномерность действия искусственных источников загрязнения приводит к большой площадной неоднородности химического состава грунтовых вод и нерегулярной его изменчивости во времени в пределах застройки. Так, в Нижневартовске на севере сформировались преимущественно сульфатные натриево-кальциевые воды с минерализацией менее 0,5 г/л, на юге — хлоридные и хлоридно-гидрокарбонатные натриевые воды с минерализацией 0,5—1 г/л, на участках намывных грунтов — техногенные горизонты сульфатно-гидрокарбонатных натриевых вод с минерализацией 0,5—2 г/л.

Зона весьма широкого распространения негативных изменений отличается развитием немерзлых слабо- и умеренноувлажненных дисперсных пород, высокой степенью освоенности и заселенности, а главное — необходимостью предупреждения мероприятий при строительстве на обширных территориях с мощностью зоны аэрации на период межени более 3 м, но оцениваемых как потенциально подтопляемые подземными водами.

Именно в этой зоне в силу особенностей геологического строения и литологического состава приповерхностных отложений и условий хозяйственного использования на застроенных площадях наиболее часто отмечаются техногенные повышения уровней подземных вод. В результате уже подтоплены отдельные районы городов Новосибирска, Омска, Барнаула, Петропавловска, Кустаная, Павлодара и многих других населенных пунктов. Например, только в северной части Кустанайской области выявлено около 70 подтопленных сельских и рабочих поселков. Основной фактор повышения уровней — дополнительное инфильтрационное питание грунтовых вод за счет утечек из водонесущих коммуникаций, искусственных водоемов, накопителей, гидрозолоотвалов и водопотребляющих производств. Большое значение также имеют нарушения и недостатки в организации поверхностного и подземного стока, изменения условий испарения грунтовых вод, обильные поливы зеленых насаждений и сельскохозяйственных культур. Продолжительность повышения уровней до критических значений составляет обычно 7—15, реже 20—25 лет.

Обводнение лёссовых грунтов (например, в Новосибирске) приводит к выщелачиванию из них сульфатных солей и образованию сульфатных кальциевых вод с минерализацией 0,6—1,2 г/л, обладающих агрессивностью. С утечками из канализации и выщелачиванием из септиков связаны обогащение вод соединениями азота и формирование хлоридно-кальциевого их состава. Установлено, что утечка из теплотрасс приводит к формированию карбонатно-гидрокарбонатных грунтовых вод.

Таким образом, для многих застроенных и застраиваемых участков южных, наиболее освоенных и заселенных районов плиты, особенно в пределах территории развития немерзлых слабо- и умеренноувлажненных дисперсных пород, типичными техногенными негативными изменениями гидрогеологической обстановки являются повышения уровней грунтовых вод, приводящие к подтоплению зданий и сооружений, которое часто сопровождается увеличением агрессивности подземных вод. Дальнейшее строительное освоение потенциально подтопляемых территорий может сопровождаться еще более массовым развитием техногенного подтопления.

В северной части плиты, где преимущественно распространены ММП, возможно развитие техногенных процессов деградации высокотемпературной мерзлой толщи и дополнительного обводнения оттаявших пород. В ряде случаев это может приводить к уменьшению глубины залегания надмерзлотных вод и, следовательно, к подтоплению. Но при использовании первого принципа строительства на крайнем севере региона, где ММП имеют преимущественно сплошное распространение, локальные техногенные изменения мерзлотно-гидрогеологических условий возможны лишь при грубых нарушениях режима эксплуатации тепловыделяющих сооружений. Напротив, на территории несплошного (прерывистого) распространения ММП, в силу широкого использования второго принципа строительства, рассматриваемые изменения практически неизбежны.

Таблица 10.1

Возможные техногенные изменения химического состава и агрессивности подземных вод на застроенных и застраиваемых территориях Западно-Сибирской плиты (по Н. В. Тихоновой)

Химические компоненты и агрессивность грунтовых вод	Возможные изменения в зависимости от особенностей природных условий плиты			
	Зона избыточного увлажнения	Зона переменного и недостаточного увлажнения		
		Незасоленные грунты	Засоленные грунты	
			Хорошо промываемые	Слабо промываемые
HCO ₃	+	+	+	±
SO ₄	+	+	—	+
NO ₃	+	+	+	+
Cl	±	±	±	+
NH ₄	+	+	+	+
Минерализация	+	+	±	+
Pb	+	+	+	+
Нефтепродукты	+	+	+	+
Агрессивность:				
общекислотная и вы-	—	±	±	±
щелачивающая				
сульфатная	+	+	±	+

Примечание. Знаками +, — и ± обозначены соответственно увеличение, уменьшение и незначительное изменение содержания химических компонентов или агрессивности грунтовых вод.

Именно здесь они могут иметь сравнительно широкое распространение при дальнейшем строительном освоении территории и длительной эксплуатации зданий и сооружений.

Решающее влияние на химический состав грунтовых вод, наряду с особенностями местных природных условий, оказывают состав стоков и технологических растворов промышленных предприятий, бытовых и иных источников загрязнения и дополнительное инфильтрационное питание подземных вод. Возможные техногенные изменения их химического состава (и агрессивности) в пределах плиты в зависимости от особенностей ее природных условий приведены на таблице 10.1.

Рациональное инженерно-хозяйственное использование и дальнейшее строительное освоение плиты предполагают обязательную разработку региональных и локальных природоохранных мероприятий и схем инженерной защиты застроенных и застраиваемых территорий от подтопления и других опасных геологических процессов.

Прогноз изменения среднегодовых температур и глубин сезонного промерзания-протаивания пород¹. Результирующими характеристиками теплового состояния пород являются среднегодовая

¹ Составил В. П. Черняев.

температура и мощность слоя сезонного промерзания или протаивания. В настоящее время для прогнозирования этих характеристик в основном используются приближенные аналитические или численные решения задачи Стефана в сочетании со стационарными режимными наблюдениями за теплообменом в промерзающих-протаивающих породах верхних горизонтов, напочвенных покровах и приземном слое атмосферы. Основные трудности прогнозирования этих характеристик заключаются в предвидении возможных изменений природных факторов в результате техногенных нарушений естественных условий.

Для выяснения закономерностей влияния различных природных факторов на процессы промерзания-протаивания горных пород в естественных и нарушенных условиях и для количественной оценки этих факторов на территории Западной Сибири были организованы стационарные режимные наблюдения. В результате их удалось определить закономерности теплообмена в различных природных комплексах, уточнить математическую модель исследуемых процессов, обосновать предпосылки и допущения при использовании в целях прогноза приближенных аналитических решений, установить региональные и теоретические зависимости при определении исходных параметров с учетом основных природных факторов, определить влияние возможных нарушений природной обстановки на характер теплообмена в промерзающих-протаивающих породах.

В результате освоения территории техногенные нарушения обычно приводят к изменению поверхностных условий теплообмена; изменяются температура дневной поверхности в теплый период, теплофизические и термические свойства напочвенных покровов. Кроме того, за счет дренажа или, наоборот, заболачивания территории меняется влажностный режим пород слоя сезонного промерзания-протаивания; при этом возможно изменение состава пород этого слоя в результате инвелировки территории (отсыпка или снятие грунта).

В табл. 10.2 приведены расчетные значения среднегодовой температуры пород и мощности слоя сезонного промерзания-протаивания для трех геокриологических зон данного респона при следующих возможных изменениях природных факторов и их сочетании: изменении термического сопротивления снежного и растительного покровов, состава и влажности пород слоя сезонного промерзания-протаивания, высоты отсыпки из песка. При расчетах использованы закономерности изменения исходных параметров, установленные в результате стационарных режимных наблюдений. Состав пород слоя сезонного промерзания-протаивания оценивается для следующих вариантов: торф с влажностью 200 и 500 %, суглинок с влажностью 20 и 40 %, песок с влажностью 10 и 15 %.

Для зоны практически сплошного распространения многолетнемерзлых пород верхние граничные условия при расчетах соответствовали району Ямбурга: сумма градусо-месяцев холодного периода 150, теплого 30, продолжительность последнего составляет 3,5 мес. Термическое сопротивление

Таблица 10.2

Прогнозные значения среднегодовой температуры пород
и мощности слоя сезонного промерзания-протаивания

Гео- крио- литиче- ская зона	Состав и влаж- ность пород	Термическое сопротивление напыщенного покрова, 0,06 м·К/Вт			Мощность отсыпки из песка, м	Среднегодовая температура пород, °С	Мощность слоя сезонного промерзания- протаивания, м
		растительного		снежного			
		в теп- лый период	и холодный период				
Практически сплошного распространения ЛМЛП	Торф, w = 200—500 %	1,0	1,0	0,5	0,0 0,5 1,0	-8,3 -8,2 -8,0	0,23—0,17 0,28—0,22 0,23—0,17
				2,0	0,0 0,5 1,0	-6,0...-6,1 -5,9...-6,0 -5,7...-5,8	0,25—0,19 0,31—0,24 0,26—0,19
		0,5	0,5	0,5	0,0 0,5 1,0	-8,2 -8,1 -7,9	0,34—0,29 0,35—0,29 0,29—0,23
				2,0	0,0 0,5 1,0	-4,5...-4,6 -4,3...-4,4 -4,1...-4,2	0,39—0,33 0,39—0,33 0,33—0,26
		0,0	0,0	0,5	0,0 0,5 1,0	-7,7...-7,8 -7,6...-7,7 -7,4...-7,5	0,52—0,50 0,43—0,39 0,36—0,30
				2,0	0,0 0,5 1,0	-3,4...-3,5 -3,2...-3,3 -3,0	0,57—0,54 0,48—0,43 0,41—0,35
Сплошного распространения ЛМЛП	Суглинок, w = 20—40 %	1,0	1,0	0,5	0,0 0,5 1,0	-8,3 -8,2 -8,0	0,36—0,22 0,50—0,33 0,37—0,23
				2,0	0,0 0,5 1,0	-6,0 -5,9 -5,7	0,45—0,27 0,60—0,48 0,47—0,28
		0,5	0,5	0,5	0,0 0,5 1,0	-8,2 -8,1 -8,0	0,68—0,47 0,69—0,48 0,52—0,34
				2,0	0,0 0,5 1,0	-4,3...-4,5 -4,2...-4,3 -4,0...-4,1	0,85—0,56 0,85—0,57 0,68—0,43

Продолжение табл. 10.2

Гео-хро-но-логи-ческая зона	Состав и влаж-ность пород	Термическое сопротивление напочвенного покрова, 0,86 м·К/Вт			Мощность отсыпки из песка, м	Среднегодовая температура пород, °С	Мощность слоя сезонного промерзания-протаивания, м
		растительного		снежного			
		в теп-лый период	и холодный период				
Слоистого распространения ММП	Суглинок, $w = 20-40\%$	0,0	0,0	0,5	0,0 0,5 1,0	-7,7 -7,3...-7,6 -7,1...-7,4	1,21-0,95 0,94-0,68 0,72-0,49
				2,0	0,0 0,5 1,0	-3,1...-3,4 -3,0...-3,2 -2,8...-3,0	1,40-1,06 1,14-0,80 0,93-0,61
	Песок, $w = 10-15\%$	1,0	1,0	0,5 2,0	0,0	-8,3 -5,0...-4,8	0,42-0,33 0,61-0,48
		0,5	0,5	0,5 2,0		-8,3...-8,0 -4,7...-4,3	0,90-0,78 1,10-0,94
		0,0	0,0	0,5 1,0		-7,8...-7,1 -3,7...-3,0	1,77-1,64 2,00-1,83
	Прерывистого распространения ММП	Торф, $w = 200-500\%$	1,0	0,6	0,5	0,0 0,5 1,0	-6,7...-6,8 -6,7 -6,6
3,0					0,0 0,5 1,0	-0,7...-0,8 -0,6...-0,7 -0,5...-0,6	0,46-0,36 0,52-0,43 0,46-0,37
0,5			0,5	0,5	0,0 0,5 1,0	-4,9 -4,8 -4,6	0,51-0,42 0,51-0,50 0,44-0,36
				3,0	0,0 0,5 1,0	+0,6 +0,8...+0,5 +1,0	0,56-0,42 0,54-0,39 0,50-0,36
0,0			0,0	0,5	0,0 0,5 1,0	-4,9 -4,8 -4,6	0,68-0,65 0,59-0,53 0,61-0,42
				3,0	0,0 0,5 1,0	+1,5...+1,4 +1,8...+1,7 +2,1...+2,0	0,46-0,43 0,42-0,39 0,40-0,35

Гео- крио- логиче- ская зона	Состав и влаж- ность пояр	Термические свойства непокрытого покрова, 0,85 м. КИТ			Мощность отсыпки из песка, м	Среднегодовая температура погод. °С	Мощность слоя сезонного промерзания, м	
		растительного		снежного				
		в теп- лый период	в холодный период					
Прерывистого распространения ЛМП	Суглинок, w = 20—40 %	1,0	0,6	0,5	0,0 0,5 1,0	—6,6...—6,7 —6,6...—6,7 —6,5...—6,6	0,67—0,42 0,95—0,55 0,67—0,42	
				3,0	0,0 0,5 1,0	—0,5...—0,7 —0,4...—0,6 —0,3...—0,5	1,06—0,64 1,23—0,78 1,06—0,66	
		0,5	0,5	0,5	0,0 0,5 1,0	—4,6...—4,8 —4,4...—4,7 —4,1...—4,5	1,12—0,77 1,12—0,77 0,95—0,62	
				3,0	0,0 0,5 1,0	+1,0...+0,7 +1,3...+0,9 +1,6...+1,2	1,12—0,64 1,04—0,63 0,95—0,56	
		0,0	0,0	0,5	0,0 0,5 1,0	—4,0...—4,2 —3,8...—4,0 —3,5...—3,7	1,67—1,28 1,41—1,01 1,18—0,81	
				3,0	0,0 0,5 1,0	+2,4...+2,1 +2,6...+2,3 +2,9...+2,6	1,09—0,63 1,00—0,56 0,91—0,49	
	Песок, w = 10—15 %	1,0	0,5	0,0	—6,5...—6,6 —0,3	0,85—0,68 1,41—1,10		
		0,5	0,5				—4,4 +1,2	1,55—1,30 1,17—0,85
		0,0	0,0				—3,7 +2,8	2,47—2,20 1,04—0,80
	Сезонномерзлых пояр	Торф, w = 200—500 %	0,5	0,5	0,0	—1,3 +2,2 +3,4	0,77—0,68 0,58—0,45 0,36—0,25	
			0,0	0,0				—2,5...—2,6 —2,0...—1,9 +3,8...+3,2

Продолжение табл.

продолжение табл.

Гео- хро- но- логическая зона	Состав и влаж- ность пород	Термическое сопротивление напочвенного покрова, 0,86 м·К/Вт			Мощность отсыпки из песка, м	Среднегодовая температура пород, °С	Мощность слоя сезонного промерзания- протаивания, м
		растительного		снежного			
		в теп- лый период	в холодный период				
Сезонномерзлых пород	Суглинок, w=20—40 %	0,5	0,5	0,0 1,0 2,0	0,0	-0,5...-1,0 +3,0...+2,4 +4,2...+3,6	1,86—1,27 1,03—0,70 0,49—0,33
		0,0	0,0	0,0 1,0 2,0		-0,5...-2,0 +4,0...+1,5 +5,3...+3,7	2,39—1,71 1,23—1,03 0,60—0,44
	Песок, w=10—15 %	0,5	0,5	0,0 1,0 2,0		+0,2 +3,1 +4,2	2,58—2,17 1,10—0,88 0,41—0,38
		0,0	0,0	0,0 1,0 2,0		+1,1 +4,3 +6,0	3,14—2,79 1,30—1,08 0,40—0,32

Примечание. В двух последних графах левая цифра интервала соответствует наименьшей влажности породы, правая — наибольшему. В некоторых случаях приведены единичные значения.

растительных напочвенных покровов принято равным 0,86 и 0,43·К/Вт, что соответствовало сфагновому моховому покрову мощностью 0,10—0,15 м и покрову, представленному зелеными мхами, сфагнумом и ягелем мощностью 0,06—0,07 м. Мощность снежного покрова при расчетах учтена двумя вариантами: 1) открытые сдуваемые участки, на которых средняя за холодный период мощность снежного покрова составляет 0,1 м (термическое сопротивление снега $R_{сн}=0,43$ м·К/Вт); 2) пониженные участки рельефа, обычно закустаренные, где мощность снежного покрова составляет 0,6 м ($R_{сн}=1,72$ м·К/Вт).

Согласно расчетам, в зоне практически сплошного распространения ММП в зависимости от сочетания природных факторов для естественных и нарушенных условий среднегодовая температура пород изменяется от -2,8 до -8,3 °С, а мощность слоя сезонного протаивания — от 0,17 до 2 м. Максимальные среднегодовые температуры пород характерны для пониженных участков с максимальным снегонакоплением и отсутствием напочвенного растительного покрова. Сведение растительного напочвенного покрова при минимальном снегонакоплении повышает среднегодовую температуру пород на 0,5—1,2 °С в зависимости от состава и увлажненности пород сезонноталого слоя, а при максимальном снегонакоплении она увеличивается до 2,6 °С. Отсыпка грунта в сочетании с дренажем

практически не вызывает изменения среднегодовой температуры пород. Наиболее существенные изменения этого показателя связаны с нарушением характера снегонакопления. Так, при изменении термического сопротивления снежного покрова от 0,43 до 1,72 м·К/Вт среднегодовая температура пород повышается на 2,2—4,6°C в зависимости от сочетания природных факторов. Наличие на поверхности растительных покровов сглаживает контраст изменения среднегодовых температур при нарушении условий снегонакопления; влияние состава пород сезонноталого слоя при этом крайне незначительно.

Среднезимняя мощность снежного покрова до 0,6 м не обеспечивает положительных значений среднегодовой температуры пород в данной зоне. Среднегодовая температура пород 0°C возможна при мощности снежного покрова 0,85—1,35 м. В естественных условиях такая мощность снежного покрова имеет место на склонах и днищах логов. При техногенных нарушениях повышенное снегонакопление связано с уплотненной застройкой территории, устройством мостовых переходов и т. д.

Минимальная мощность сезонноталого слоя характерна для замшистой поверхности и изменяется в зависимости от состава пород от 0,17 до 0,61 м. Уничтожение напочвенного покрова резко увеличивает мощность сезонноталого слоя до 0,57 м в торфах и до 2 м в песках. Изменение мощности этого слоя, связанное с увеличением мощности снежного покрова, незначительно и для торфяных пород составляет 0,02—0,05 м, суглинистых — 0,05—0,19 м, песчаных — 0,15—0,23 м. Дренаж территории, приводящий к уменьшению увлажненности пород, способствует росту мощности сезонноталого слоя на 0,03—0,06 м в торфах, на 0,14—0,34 м в суглинках и на 0,00—0,17 м в песках. Отсыпка песка мощностью 0,5 м увеличивает мощность рассматриваемого слоя на 0,01—0,06 м в торфах и на 0,01—0,21 м в суглинках.

Для зоны прерывистого распространения многолетнемерзлых пород верхние граничные условия при расчетах соответствовали району Уренгоя: сумма градусо-месяцев холодного периода 130, теплого 45, продолжительность последнего составляет 4,5 мес. Термическое сопротивление напочвенного покрова (сфагнум мощностью 0,2 м) принято равным 0,86 м·К/Вт в теплый период и 0,52 м·К/Вт в холодный, а для зеленых мхов и сфагнома — равным 0,5 м·К/Вт в теплый и холодный периоды. Мощность снежного покрова при расчетах учтена двумя вариантами: 1) открытые сдуваемые участки, на которых средняя мощность снежного покрова составляет 0,1 м ($R_{сн}=0,43$ м·К/Вт); 2) защищенные участки, где мощность снежного покрова составляет 0,9 м ($R_{сн}=3,0$ м·К/Вт).

Согласно расчетам, в данной геокриологической зоне в зависимости от возможного сочетания природных факторов для естественных и нарушенных условий среднегодовая температура пород изменяется от 2,9 до —6,8°C, мощность сезонноталого слоя — от 0,28 до 2,47 м, а мощность сезонномерзлого слоя — от 0,35 до 1,17 м.

Наличие мохового покрова, термическое сопротивление которого в теплый период равно $0,86 \text{ м} \cdot \text{К/Вт}$, обеспечивает формирование отрицательных значений среднегодовой температуры пород независимо от сочетания природных факторов как в естественных, так и в нарушенных условиях. Поэтому протаивание мерзлых пород возможно только в особых случаях под сооружениями с постоянным тепловыделением и снегозаносах мощностью более 1 м. При маломощном моховом покрове ($R_{\text{см}}=0,43 \text{ м} \cdot \text{К/Вт}$) и максимальном снегонакоплении ($R_{\text{см}}=2,6 \text{ м} \cdot \text{К/Вт}$) положительные среднегодовые температуры формируются независимо от состава пород верхнего горизонта. Сведение растительного покрова повышает среднегодовую температуру пород в торфах до $1,9^\circ\text{C}$, а в суглинках и песках до $2,9^\circ\text{C}$. При этом очень четко прослеживается закономерность: температура при снятии мохового покрова возрастает с увеличением мощности снежного покрова.

Мощность слоя сезонного протаивания в данной зоне при снятии мохового покрова мощностью 0,2 м ($R_{\text{т}}=0,86 \text{ м} \cdot \text{К/Вт}$) увеличивается в торфах на 90—130 %, в суглинках на 150—200 %, в песках на 140—220 %. Удаление маломощного мохового покрова ($R_{\text{т}}=0,43 \text{ м} \cdot \text{К/Вт}$) приводит к увеличению мощности сезонноталого слоя в торфах на 30—55 %, в суглинках на 50—65 %, в песках на 60—70 %. Во всех случаях при одной и той же литологической разности пород мощность сезонноталого слоя при снятии мохового покрова возрастает с увеличением увлажненности пород.

С увеличением снегонакопления мощность сезонноталого слоя возрастает в торфах на 30—31 %, в суглинках на 50—55 %, в песках на 60—65 %. Дренаж территории способствует росту мощности слоя сезонного протаивания в торфах на 20—30 %, в суглинках на 45—65 %, в песках на 20—30 %.

Отсыпка мощностью 0,5 м при сохранении напочвенного покрова увеличивает мощность слоя сезонного протаивания в торфах на 15—60 %, в суглинках на 15—40 %. Отсыпка мощностью 1 м при наличии мохового покрова сохраняет естественную мощность сезонноталого слоя, а в некоторых случаях, при маломощном моховом покрове даже приводит к ее уменьшению. При отсутствии мохового покрова отсыпка мощностью 0,5 м сокращает мощность рассматриваемого слоя в торфах на 13—18 %, в суглинистых породах на 16—21 %.

Положительные значения среднегодовой температуры грунта в зоне прерывистого распространения ММП, формирующиеся при максимальном снегонакоплении в естественных условиях (мощность снежного покрова $h_{\text{см}}=0,9 \text{ м}$) в случае маломощного мохового покрова изменяются от 0,6 до $1,5^\circ\text{C}$. Удаление этого покрова приводит к повышению среднегодовой температуры в торфах на $0,8\text{—}0,9^\circ\text{C}$, в суглинистых и песчаных породах на $1,4^\circ\text{C}$. В случае отсыпки песка среднегодовая температура возрастает в торфах на $0,9\text{—}1,1^\circ\text{C}$, а в суглинистых породах на $1,3\text{—}1,7^\circ\text{C}$.

Мощность слоя сезонного промерзания в зависимости от наличия растительного напочвенного покрова и влажности торфа изме-

няется от 0,42 до 0,56 м, в суглинистых породах — от 0,64 до 1,12 м, в песках — от 0,80 до 1,17 м. Увеличение глубины промерзания за счет уменьшения снегонакопления приводит к формированию отрицательных среднегодовых температур пород, и сезонномерзлый слой переходит в сезоннопротаявший.

Для зоны сезонномерзлых пород верхние граничные условия при расчетах соответствовали району Тобольска, где сумма градусо-месяцев холодного периода равна 75, теплого — 70, а продолжительность этих периодов одинакова (6 мес). Термическое сопротивление напочвенных покровов в летний период принято 0,43 м·К/Вт, что соответствует маломощному моховому покрову, лесной подстилке или слою дерна. Мощность снежного покрова при расчетах оценивалась тремя вариантами: 0,0; 0,2 и 0,6 м, что соответствует условиям открытого и защищенного снегонакопления. Термическое сопротивление при таких мощностях снежной толщи соответственно равно 0,0; 0,43 и 1,72 м·К/Вт.

Согласно расчетам, в зоне сезонномерзлых пород среднегодовая температура пород изменяется от $-2,6$ до $6,2^{\circ}\text{C}$, а мощность сезонномерзлого слоя — соответственно от 0,86—2,39 и до 0,25—2,79 м. Наиболее низкие среднегодовые температуры пород ($-2,5 \dots -2,6^{\circ}\text{C}$) наблюдаются при отсутствии снежного покрова и максимальной влажности пород слоя сезонного протаявания. Создать такое увлажнение в реальных условиях чрезвычайно сложно, поэтому наиболее реальные значения отрицательных среднегодовых температур для данной зоны, которые возможны при соответствующих мелиоративных мероприятиях, составляют $-0,1 \dots -0,5^{\circ}\text{C}$.

Удаление растительного напочвенного покрова приводит как к повышению, так и понижению среднегодовой температуры грунта. В торфах при отсутствии снежного покрова среднегодовая температура понижается на $1,2-1,3^{\circ}\text{C}$, а при снегонакоплении — на $0,1-0,3^{\circ}\text{C}$. В суглинистых слабоувлажненных породах ($w=20\%$) удаление растительности при наличии снежного покрова повышает среднегодовую температуру грунта на $1-1,1^{\circ}\text{C}$, а при их увлажнении ($w=40\%$) — понижает до $0,9-1^{\circ}\text{C}$. В песчаных породах удаление растительного покрова ведет только к повышению среднегодовой температуры на $0,9-2^{\circ}\text{C}$ в зависимости от сочетания природных факторов.

Наиболее существенные изменения (на $4-5,8^{\circ}\text{C}$) среднегодовой температуры грунта связаны с нарушением снегонакопления.

Мощность сезонноталого слоя в данной зоне для торфа может составлять 0,68—0,90 м, а для суглинистых пород — 1,27—1,86 м. Удаление напочвенного растительного покрова приводит к увеличению мощности сезонноталого слоя в торфах на 15—25 %, в суглинистых грунтах на 30—35 %.

Мощность сезонномерзлого слоя в торфах изменяется от 0,25 до 0,73 м, в суглинистых породах — от 0,33 до 1,33 м, а в песках — от 0,32 до 2,58 м. Нарушение характера снегонакопления и изменение термического сопротивления снежной толщи от 1,72 до 0,86 м·К/Вт вызывают увеличение мощности слоя сезонного про-

мерзания в торфах на 50—90 %, в суглинистых породах на 100—130 %, в песках на 130—240 %. Полное удаление снежного покрова с поверхности увеличивает мощность сезонномерзлого слоя в песчаных породах на 470—770 %.

Прогноз величин потенциальных осадок оттаивания многолетнемерзлых пород.¹ Широкое распространение льдистых и сильнольдистых ММП на севере Западно-Сибирской плиты во многом определяет характер денудационных процессов, в том числе и осадку поверхности массивов этих пород при их оттаивании. Этот процесс широко развит во всех районах в естественных условиях. Однако при хозяйственном освоении территории его интенсивность резко возрастет. В связи с этим были проведены расчеты [51] величин потенциальной осадки оттаивания ММП верхней 10-метровой части их толщи. Они показали, что потенциальная осадка оттаивания существенно различается в разных частях описываемого региона. Характер ее пространственного изменения, как и особенности проявления и абсолютные значения, определяются генезисом и составом ММП, типом и мощностью подземных льдов в них. В соответствии с этим, в пределах Западно-Сибирской плиты Ю. Б. Баду и В. Т. Трофимов [51, 53] выделили три зоны: Северную, Центральную и Южную.

Северная зона территориально совпадает с площадью широкого распространения сингенетических ММП и генетически неоднородных мерзлых пород и занимает северные районы Ямала и Гыданского п-ова. Все эти толщи характеризуются доминирующим развитием сильнольдонасыщенных пород со слонстыми и сетчато-слонстыми криогенными текстурами, содержащими мощные (до 12 м и более) полигонально-жильные льды. Эпикриогенные породы в верхней 10-метровой части разреза здесь развиты лишь в пределах древних морских равнин. Для них также характерны высокая объемная льдистость, преобладание сетчатых и слонсто-сетчатых криогенных текстур, наличие эпигенетических полигонально-жильных льдов мощностью до 5 м и широкое распространение инъекционных и пластовых льдов.

Многолетнемерзлые породы этой зоны при протаивании могут давать большую осадку. Потенциальная ее величина при оттаивании 10-метрового слоя только за счет мезотекстурообразующих льдов может достигать 6 м, а с учетом вытаивания полигонально-жильных льдов — и больших значений.

Синкриогенные толщи отложений в целом характеризуются наименьшими величинами потенциальной осадки оттаивания. Модуль осадки оттаивания элементарного слоя суглинистых пород чаще всего изменяется от 175 до 450 мм/м, супесчаных — от 100 до 200 мм/м, хотя в ряде разрезов достигает существенно больших величин. В песчаных породах, содержащих тонкие шлиры льда, значение этого показателя колеблется в меньших пределах и обычно составляет 80—110 мм/м.

¹ Составили В. Т. Трофимов и Ю. Б. Баду.

Суммарная потенциальная осадка оттаивания за счет мезотекстурообразующих льдов наиболее высока в суглинистых разрезах морских толщ: в большинстве случаев она достигает 4 м. Песчаные породы менее сжимаемы, их тепловая осадка не превышает 2 м.

Суммарная потенциальная осадка синкриогенных толщ резко возрастает за счет вытаивания скоплений сингенетических полигонально-жильных льдов. Например, на п-ове Мамонта (Гыданский п-ов), где в сильнольдистых суглиниках второй морской террасы тепловая осадка за счет мезотекстурообразующих льдов может составить 2,5—3 м, вытаивание полигонально-жильного льда мощностью 8—11 м приводит к увеличению ее до 7—8 м. В супесчано-песчаных лагуно-морских и аллювиальных отложениях вытаивание крупных скоплений сингенетических полигонально-жильных льдов обуславливает повышение их потенциальной осадки в 2—3 раза.

Расчеты потенциальной осадки оттаивания эпикриогенных пород в этой зоне показывают, что и они могут дать большую тепловую осадку. Так, тонкодисперсные грунты салехардской и казанцевской свит при оттаивании только за счет вытаивания мезотекстурообразующих льдов дают местами осадки до 4 м. На участках распространения инъеционных и пластовых льдов, залегающих ниже 10-метровой части разреза, тонкодисперсные породы имеют повышенную льдистость за счет крупносетчатой толстошляровой криогенной текстуры. Суммарная осадка протаивания их может составить более половины мощности разреза. Если пласт залегает (хотя бы частично) в пределах рассматриваемой 10-метровой части разреза, то осадка может достигать и больших размеров.

Эпикриогенные супесчано-песчаные породы водораздельных равнин Северной зоны нередко имеют слоистую криогенную текстуру. Потенциальная осадка оттаивания их чаще всего составляет 1—1,5 м. Столь же большую осадку в отдельных районах могут давать песчаные породы, причем довольно равномерную по всему разрезу, что редко наблюдается в более дисперсных грунтах, где льдистость распределяется более дифференцированно.

Потенциальная осадка оттаивания 10-метровой толщи за счет эпигенетических полигонально-жильных льдов в этих районах может составлять 0,6—1,1 м. Следует подчеркнуть, что мощность последних не превышает 5 м. В этом же интервале толщи сосредоточено очень большое количество включений сегрегационного льда. Все это обуславливает максимальные величины возможной тепловой осадки этого слоя, которые значительно превышают среднее их значение для всего 10-метрового разреза.

Центральная зона пространственно совпадает с территорией развития преимущественно эпикриогенных пород зоны практически сплошного распространения ММП. Она охватывает южные районы Ямала и Гыданского п-ова, а также Тазовский п-ов. К основным особенностям криолитологических условий этой территории можно отнести преобладание по площади эпикриогенных пород, приуроченность маломощных разрезов синкриогенных пород к пой-

мам рек и участкам торфяников, развитие в пределах последних полигонально-жилых льдов мощностью до 4 м, приуроченность сильнольдистых пород к площадям распространения болотных отложений, а слабольдистых к сильнорасчлененным, хорошо дренированным (к началу промерзания) участкам.

Потенциальная осадка оттаивания мерзлых пород описываемой зоны довольно различна. Наиболее значительна она в сильнольдистых суглинисто-глинистых породах различного возраста и генезиса, особенно на участках, где они перекрыты слоем торфа мощностью 1—2 м, а местами и более. Большая часть осадки формируется при оттаивании верхних 5—7 м разреза. В целом для таких разрезов при оттаивании 10-метровой толщи наиболее характерны осадки в 2—3,5 м; в отдельных районах, особенно в толщах озерных отложений, она может достигать 5,5 м. Столь же просадочны сильнольдистые глины ирбитской свиты палеогена, залегающие на участках линейно-грядового рельефа на юге Тазовского п-ова.

Во многих районах, где развиты морские, ледниково-морские и аллювиальные супесчано-суглинистые породы, потенциальная осадка чаще всего составляет 1—2 м. На участках интенсивно расчлененного рельефа слабольдистые суглинки дадут существенно меньшие осадки — 0,5—0,7 м. Еще меньше осадка при протаивании разрезов, сложенных песчаными породами аллювиального и морского генезиса: наиболее часто она составляет 0,3—0,4 м.

Большие тепловые осадки возможны при протаивании болотных отложений, представленных с поверхности торфом и залегающих на различных элементах рельефа и на разных по составу породах. Их величина при оттаивании до 10 м может достигать 2 м при мощности торфов 2,5—3 м. Наличие столь сильносжимаемых пород в верхней части разреза резко увеличивает относительную суммарную осадку 10-метрового разреза отложений, чем и обусловлено широкое развитие потенциально сильнопросадочных пород на юге описываемой зоны.

Таким образом, для тонкодисперсных ММП центральной зоны наиболее высокие значения потенциальной осадки оттаивания характерны главным образом для участков, сложенных сверху сильнольдистыми торфяными породами, которые подстилаются суглинистыми образованиями. Песчаные породы в отличие от северной зоны в большинстве районов дают ничтожную осадку при оттаивании и наиболее удобны для освоения. Небольшими величинами потенциальных тепловых осадков также характеризуются суглинисто-глинистые слабольдистые и уплотненные грунты водораздельных равнин, залегающие вдоль западного побережья Тазовского и части Гыдакского п-овов.

Южная зона отличается несплошным площадным распространением ММП. Верхняя 10-метровая часть их разреза промерзла после окончания голоценового климатического оптимума, в результате чего на этой территории сформировались главным образом эпикриогенные толщи мерзлых пород. Характер распределения

в них криогенных текстур и льдистости обусловлены в основном гранулометрическим составом пород, наличием или отсутствием в них водонасыщенных в прошлом песчаных горизонтов, влажностью пород до промерзания, поверхностными условиями.

Наибольшие потенциальные тепловые осадки в пределах этой зоны свойственны разрезам, сложенным сильнольдистыми суглинисто-глинистыми породами, перекрытыми сильнольдистыми торфами мощностью 3—4 м. Их величины достигают 4,5 м, а местами и 6 м. Такие толши достаточно широко развиты в пределах среднечетвертичных водораздельных равнин, верхнечетвертичных озерно-аллювиальных, аллювиальных и озерных террас, расположенных в Прибые на Полуй-Надымском, Надым-Пуровском, Пур-Тазовском и Таз-Енисейском междуречьях. Столь же высокие значения потенциальных осадков установлены для интенсивно распухших новообразованных многолетнемерзлых суглинистых пород, не перекрытых сколько-нибудь значительным слоем торфа. Однако и здесь, как и в других районах этих широт, подавляющая часть величины потенциальной осадки оттаивания приходится на самую верхнюю, наиболее льдонасыщенную часть разреза мощностью 3—5 м.

Супесчано-песчаные группы зоны в подавляющем большинстве разрезов непросадочны или могут дать очень небольшую тепловую осадку оттаивания, как правило, не превышающую 0,2 м. Однако на участках, где они перекрыты слоем мощностью 2—4 м (иногда более) автохтонных торфяных пород, величина осадки 10-метрового разреза возрастает до 2,6—3 м за счет высокой сжимаемости торфа при оттаивании и большой его доли в разрезе.

В самой южной части описываемой зоны ММП развиты только под торфяниками или замшелыми темнохвойными лесами и представляют собой эпигенетически промерзшие льдонасыщенные суглинисто-глинистые и песчано-супесчаные образования мощностью до первых десятков метров. Высокая льдонасыщенность этих пород обусловлена образованием мерзлых толщ среди сильнообводненных талых пород. Потенциальная осадка оттаивания этих групп в пределах темнохвойных лесов может составить 2—2,5 м. В районах, где развиты мощные (до 6 м) мерзлые сильнольдистые торфяники, величины осадки даже для разрезов, в которых торф подстилается песчаными породами, могут превысить 4 м.

Потенциальная осадка оттаивания ММП Западно-Сибирской плиты прямо зависит от содержания в них сегрегационного льда и льда-цемента и резко возрастает на участках распространения полигонально-жильных, пластовых и инъекционных льдов.

Максимальные осадки оттаивания характерны для синкриогенных толщ арктической части плиты. В южном направлении они в целом убывают, а затем вновь возрастают по мере увеличения доли сильнольдистых торфяных пород в разрезах мерзлых толщ. Эти закономерности можно проследить на схематической карте потенциальных осадков при оттаивании ММП (рис. 10.4).

Прогноз величин суммарной просадки в толщах лёссовых пород.¹ Потенциальные величины суммарной просадки лёссовых пород юга Западной Сибири, оцененные по материалам «Карты распространения и прогноза просадочности лёссовых грунтов территории СССР» В. С. Быковой и других авторов, показаны на рис. 10.5. На этой карте выделено пять типов толщ лёссовых пород, обладающих различной суммарной просадкой.

К первому типу относятся толщи лёссовых пород с наибольшей суммарной просадкой (до 50 см). Они имеют незначительное распространение и приурочены к самой южной части плиты. Эти лёссовые породы проявляют просадочные свойства при природном давлении, с мощностью просадочной толщи 3—10 м и более и лёссовые породы, просадочные при дополнительных нагрузках, с мощностью просадочной толщи 5—15 м.

Второй тип — толщи лёссовых пород с суммарной просадкой до 30 см. Они имеют крайнее ограниченное распространение и встречаются лишь на Обь-Томском междуречье. К ним относятся лёссовые породы, обладающие просадочными свойствами только при дополнительных нагрузках. Мощность толщ лёссовых пород до 30 м, мощность просадочной толщи — до 10 м.

К третьему типу относятся толщи лёссовых пород, обладающие суммарной просадкой до 15 см. Он включает толщи лёссовых пород мощностью 5—30 м с мощностью просадочной зоны 5—10 м. Лёссовые породы, относящиеся к этому типу толщ, проявляют просадочные свойства при дополнительных нагрузках и имеют ограниченное распространение на юго-востоке плиты.

Четвертый тип — толщи лёссовых пород с суммарной просадкой до 10 см. Он включает толщи лёссовых пород мощностью до 10 м с мощностью просадочной толщи до 5 м. Лёссовые породы этого типа проявляют просадочность при дополнительных нагрузках. Они также имеют ограниченное распространение.

Пятый тип включает толщи лёссовых пород с суммарной просадкой до 5 см. Этот тип толщ имеет наиболее широкое распространение, занимая практически всю территорию юга плиты. В пределах этой территории выделяются участки лёссовых пород, имеющих сплошное распространение, и участки, в пределах которых лёссовые породы имеют прерывистое распространение. Мощность лёссовых пород этого типа невелика (до 5 м), мощность просадочной толщи — до 3 м. Лёссовые породы этого типа обладают просадочностью при дополнительных нагрузках.

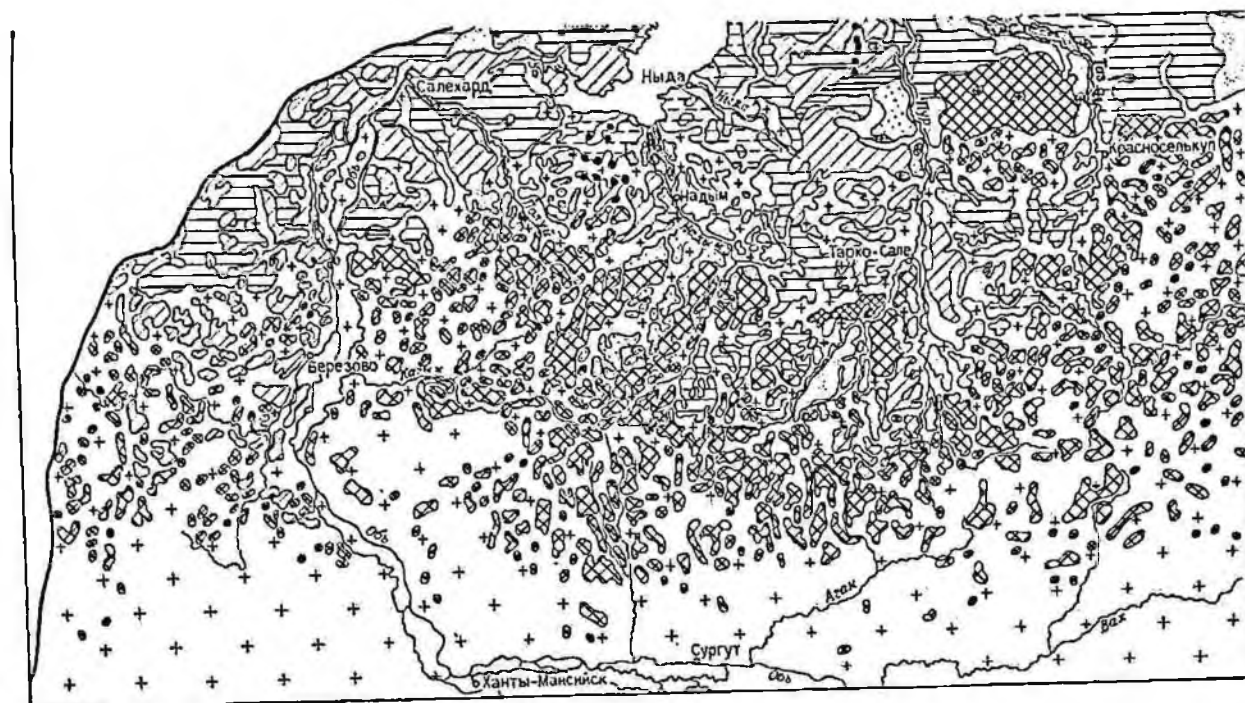
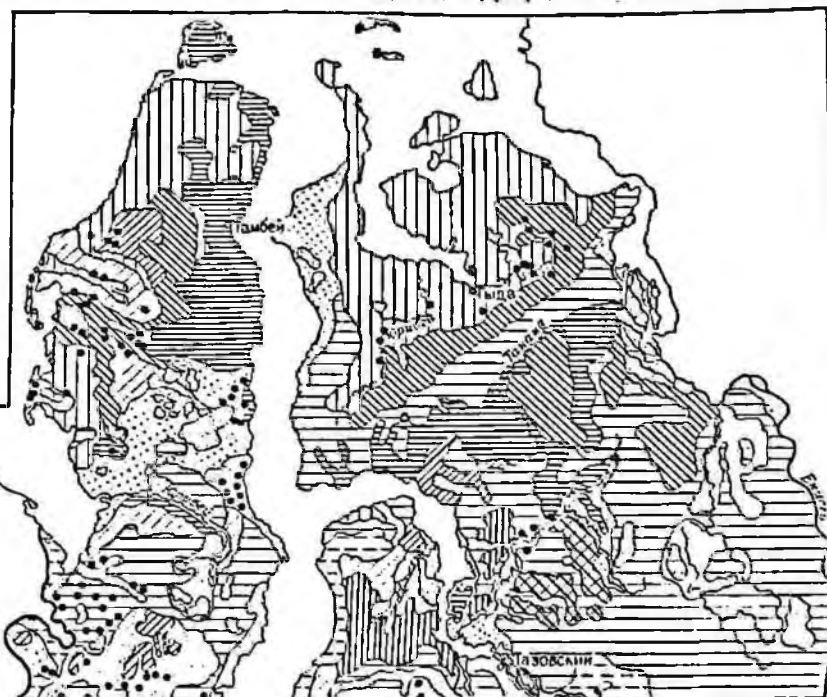
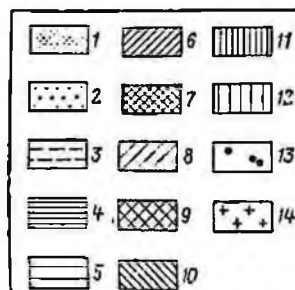
Тенденции развития эрозионных процессов². Территория Западно-Сибирской плиты практически повсеместно имеет чехол четвертичных и верхнеплиоцен-нижнечетвертичных слаболитифицированных отложений (песчаных, глинистых, торфяных и лёссовых пород). Все они обладают низкой водопрочностью: допускаемые неразмывающие скорости для немерзлых и талых грунтов составляют

¹ Составила А. С. Герасимова.

² Составили В. Г. Кудряшов и В. Т. Трофимов.

Рис. 10.4. Прогнозные величины потенциальной осадки S оттаивания верхней 10-метровой части разреза многолетнемерзлых пород Западно-Сибирской плиты [51]:

1 — $S < 0,5$ м в слабольдистых преимущественно песчано-супесчаных породах; 2, 3 — $S = 0,5-1$ м (2 — в слабольдистых преимущественно песчано-супесчаных породах; 3 — в слабольдистых преимущественно суглинисто-глинистых породах); 4, 5 — $S = 1-3$ м (4 — в сильнольдистых преимущественно песчано-супесчаных и переслаивающихся песчано-глинистых породах; 5 — в сильнольдистых преимущественно суглинисто-глинистых породах, перекрываемых торфом мощностью до 2 м); 6 — $S = 3-5$ м (6 — в сильнольдистых преимущественно супесчано-песчаных и переслаивающихся песчано-глинистых породах, перекрываемых торфом мощностью до 2 м; 7 — в тех же породах, перекрываемых торфом мощностью 2-4 м, редко более; 8 — в сильнольдистых преимущественно суглинисто-глинистых породах, перекрываемых торфом мощностью до 2 м; 9 — в тех же породах, перекрываемых торфом мощностью 2-4 м, редко более; 10 — в тех же породах с полигонально-жильными льдами мощностью 2-5 м); 11, 12 — $S > 5$ м (11 — в слабольдистых суглинисто-глинистых породах; 12 — в тех же породах с полигонально-жильными льдами мощностью 6-12 м); 13 — катастрофическая осадка в переслаивающихся песчано-глинистых породах, вмещающих залежи инъекционных и лавовых льдов; 14 — преимущественно талые породы с мелкими островами ММП.



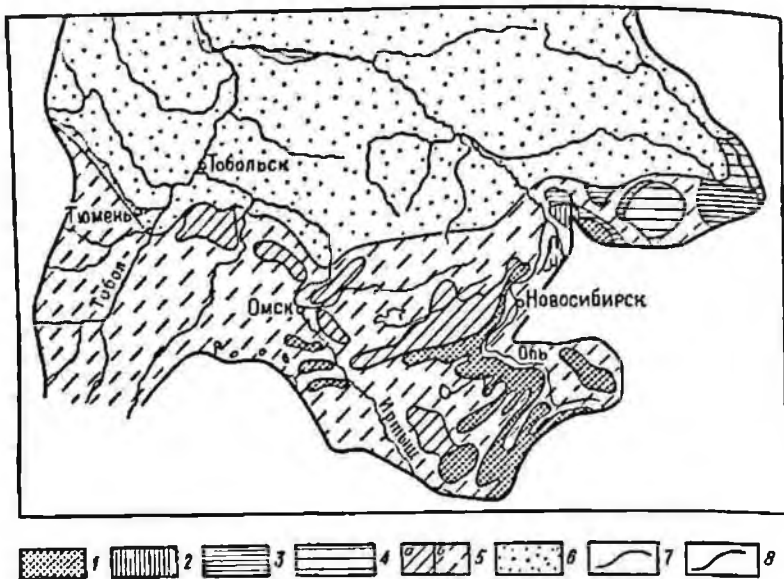


Рис. 10.5. Схема распределения прогнозных величин суммарной просадки толщ лесовых пород (по А. С. Герасимовой):

1—4 — территория практически сплошного распространения лесовых пород, обладающих просадкой (1 — до 60 см, 2 — до 30 см, 3 — до 15 см, 4 — до 10 см); 5 — территория сплошного (а) и прерывистого (б) распространения лесовых пород, обладающих просадкой до 5 см; 6 — территория распространения глинистых, песчаных и торфяных пород с массивами лесовых, развитых на дренированных приречных участках, обладающих просадкой до 6 см; 7 — границы участков с равной просадкой лесовых пород; 8 — граница Западно-Сибирской плиты

чаще всего 0,3—1 м/с (реже 1—2 м/с); для мерзлых грунтов они, по Б. Ф. Косову, Е. М. Беловой, равны 5—6 м/с, но заметно снижаются (до 0,1—0,5 м/с) при оттаивании. Это обстоятельство создает (при большом количестве атмосферных осадков в большинстве областей региона) предпосылки для быстрого развития эрозионных процессов. И наоборот, плоский рельеф и высокая залесенность междуречных равнин и надпойменных террас, а также заболоченность (заторфованность) таежной зоны не способствуют распространению эрозионных процессов. Заовраженность территорий в этих условиях очень слабая, или они вовсе безовражные. Слабозаовраженными (0,1—0,2 км/км²) или безовраженными являются обширные междуречные пространства от лесотундры и северной тайги до южных лесостепных и степных районов Западно-Сибирской плиты. Эрозия активна лишь в районах, прилегающих к руслам рек, где разрушение берегов и склонов, особенно склонов вблизи крупных водных артерий, идет с формированием четких эрозионных форм (глубокие овраги, промоины и др.). Активная эрозионная деятельность характерна для многих районов Заполярных областей, как внутренних частей полуостровных территорий, так и участков, прилегающих к берегам моря, губ и крупных озер.

Хозяйственное освоение территории приводит и будет способствовать развитию эрозионных процессов, особенно в таежной и тундровой зонах. Антропогенный фактор оврагообразования уже наглядно проявился во многих поселках. Характерно, что на непосредственно прилегающих к поселкам прибрежных участках, где лес остается нетронутым, прослеживается ровная бровка обнаженного берегового уступа большой протяженности без следов размыва, а в зоне размещения поселков береговой склон обычно изрезан промоинами и оврагами. Влияние антропогенного фактора в подобных случаях можно было бы свести к минимуму, сохранив при застройке поселков полосу леса в прибрежной зоне. И хотя в большинстве населенных пунктов, расположенных, как правило, на первой и второй надпойменных террасах, промоины и овраги обычно невелики, они нередко осложняют хозяйственную деятельность. Опыт застройки городов (Ханты-Мансийск, Тобольск) и поселков (Перегребный и др.) свидетельствует о том, что при строительстве на древних (высоких) геоморфологических элементах, прилегающих к руслам рек, возможность развития овражной эрозии сильно возрастает. Об этом же свидетельствует опыт строительства и эксплуатации железной дороги Тобольск—Сургут и магистральных трубопроводов.

Приполярные и заполярные полуостровные территории региона с их специфическими природными условиями (густая речная сеть с глубоким врезом долин, многолетнемерзлое состояние пород, являющихся идеальным водопором, вследствие чего большая часть атмосферных осадков (300—400 мм/год и более) в виде дождевых и талых вод формирует поверхностный сток, широкое развитие повторно-жильных льдов и др.) отличаются и специфическим характером развития эрозионных процессов. Многолетнемерзлые породы обладают более высокой эрозионной (термоэрозионной) устойчивостью. Характер и скорость их разрушения определяются литологическим составом, криогенным строением и льдистостью, температурой и экспозицией береговых склонов.

Значительные площади северных областей региона, даже в настоящее время безовражные, являются потенциально оврагоопасными вследствие все возрастающих темпов их хозяйственного освоения. Об этом свидетельствуют опыт и практика строительства поселков, городов и линейных сооружений, которые уже размещены как по берегам рек, так и на возвышенных и глубококорасчлененных участках равнины, сложенных ММП.

Увеличение мощности сезонного талого слоя в районах широкого распространения ММП вследствие уничтожения растительного покрова на территориях городов и поселков, по трассам трубопроводов и дорог нередко приводит к развитию термоэрозии. Наиболее заметно и быстро температура грунтов повышается при строительстве в черте поселков и в полосе отвода линейных сооружений, где полностью удаляется высокая растительность, полностью или частично разрушается торфяной слой (наиболее эрозионноустойчивый), изменяются гидрологические и гидрогеологические условия

территории, включая режим накопления и распределения снежного покрова.

При освоении северных территорий процессы оврагообразования не только значительно активизируются, но и развиваются вьюнь, причиняя большой ущерб хозяйству. Распространение, характер и формы развития овражной эрозии на участках освоения в целом соответствуют районам и ходу ее развития в естественных условиях и отличаются лишь значительно большей скоростью и интенсивностью [60]. Овраги имеются в большинстве поселков Ямала (Дровяная, Тамбей, Сеяха, Харасавей, Новый Порт, Лаборовая, Белоярск), Уренгое, Тарко-Сале, в долине Оби (Аксарка, Салехард, Лабытнанги), по трассам трубопроводов Мессояха—Норильск, Медвежье—Надым—Пунга и др. Рост оврагов нередко достигает катастрофической скорости—10—25 м в год и более. В пос. Лабытнанги летом 1971 г. при строительстве автомобильной дороги развился овраг, достигший за два месяца 200 м длины, 3—6 м глубины и 5—10 м ширины. В результате земляное полотно автодороги было разрушено. Развитие различных по величине оврагов достигло больших масштабов на территории Салехарда.

По трассам линейных сооружений в полосе их отвода, где полностью уничтожен растительный покров, развитие термоэрозии проявляется наиболее активно. Например, в районе месторождения Медвежье на участке межпромыслового коллектора промпонны и овраги развиваются вдоль трубопровода по полосе прохода гусеничного транспорта. Длина оврагов составляет 100—150 м (чаще 60—70 м), глубина достигает 1,5 м, ширина по верху колеблется от 1,5 до 4 м; овраги V-образного профиля имеют крутые обваливающиеся и оплывающие стенки. Тальвеги имеют уклон 1—4°, по дну их образуются временные водотоки, разгружающиеся в заболоченные понижения.

Подобная картина наблюдается и в других районах. Интенсивно развивающаяся овражная эрозия и термоэрозия по трассам линейных сооружений в северных областях региона создают реальную угрозу нормальной эксплуатации и устойчивости ряда сооружений.

Антропогенный фактор играет очень заметную роль в формировании и развитии эрозионных процессов, в частности процессов оврагообразования и в южных районах Западной Сибири. Этому способствует нарушение естественного растительного покрова на огромных территориях при освоении целинных земель, выпасе скота, строительстве грунтовых дорог, разработке карьеров строительных материалов, искусственной подрезке береговых склонов для прокладки магистральных водопроводов в районах поливного земледелия (Северо-Казахстанская и Омская области Прииртышья). Овраги очень быстро формируются в прибрежной части равнины, даже на участках с плоским рельефом, не имеющих заметного наклона поверхности. Процесс оврагообразования резко активизируется при нарушении растительного покрова, особенно на участках животноводческих хозяйств, где на значительных площадях

прибрежных территорий верхний почвенный слой сильно разбивается и сухие лёссовидные грунты легко подвергаются размыву.

Эрозионные процессы в освоенных районах носят как унаследованный характер, так и формируются вновь. При воздействии на геологическую среду хозяйственного фактора они резко активизируются. Эту важную закономерность следует принимать в расчет при планировании народнохозяйственной деятельности практически во всех районах Западно-Сибирской плиты.

Прогноз развития криогенных процессов. При освоении территории особенно важное значение имеет правильная оценка термокарстового процесса, криогенного пучения и растрескивания грунта. Первый из этих процессов характерен для всей территории криолитозоны, пучение развивается во всех районах региона, а криогенное растрескивание играет существенную роль в основном в области практически сплошного распространения ММП.

Термокарст.¹ Наиболее типичные техногенные нарушения, вызывающие развитие термокарста и требующие прогнозной оценки,— это удаление растительного покрова, изменение условий снегонакопления и обводненности территории. Количественный прогноз допустимых (т. е. не вызывающих развитие термокарста) техногенных воздействий в пределах различных природных микрорайонов может быть произведен по схематическим картам (рис. 10.6, 10.7). Они составлены по результатам аналитических расчетов, проведенных на основе материалов специальных тематических исследований естественного и техногенного термокарста в различных районах Западной Сибири. Карты носят прогнозный характер и позволяют оценить следующие показатели: а) допустимое увеличение мощности снега при сохранении растительного покрова; б) допустимое увеличение мощности снега при удалении растительного покрова; в) вероятность развития термокарста при удалении растительности; г) допустимые глубины техногенных водоемов в зависимости от условий снегонакопления. Информация о величинах возможной осадки грунта при оттаивании, свойственной различным типам грунтовых толщ, приведена выше.

Анализ данных (см. рис. 10.6) дает возможность выявить зональность в допустимом увеличении мощности снега, ежегодное превышение которой может привести к многолетнему протаиванию отложений. Так, на севере Ямала на плоских торфяниках (в естественных условиях мощность снежного покрова при норме количества снега 15 г/см^2 составляет 0,2—0,4 м) необходимое увеличение мощности снега до критических величин должно быть не менее 1,2 м. В районе мыса Каменный допустимое увеличение мощности снежного покрова сокращается до 0,6—0,8 м, в районах пос. Яр-Сале и Уренгой — до 0,4—0,6 м, а вблизи южной границы криолитозоны — до 0,1—0,3 м. Очевидно, что чем более снегообильны участки, тем меньше различие естественной и критической мощностей снега и тем вероятнее в этих районах переход средне-

¹ Составили И. И. Шаианова, С. Ю. Париuzzi.

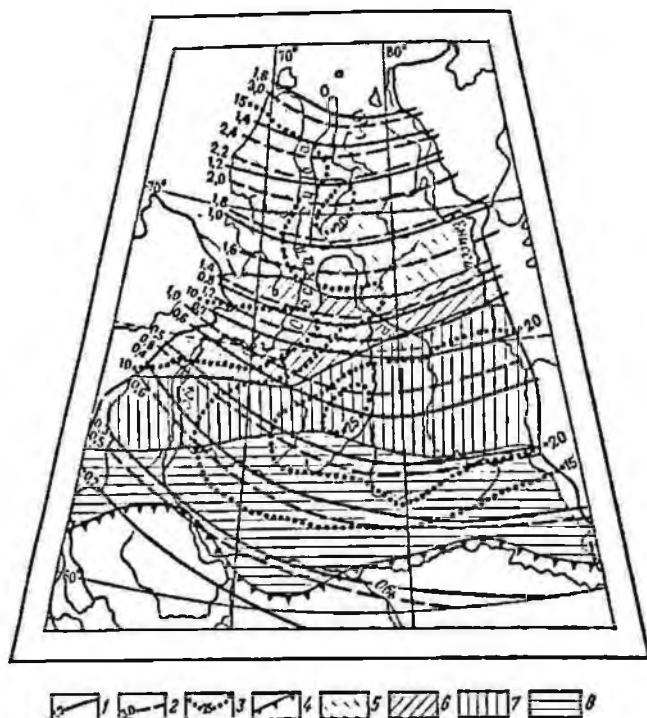


Рис. 10.6. Районирование севера Западной Сибири по потенциальной возможности развития техногенного термокарста в зависимости от мощности и свойств снежного и растительного покровов:

1 — линии критической мощности снежного покрова (в м) при отсутствии растительного покрова на поверхности почвы; 2 — то же, при наличии мощного переувлажненного мохового покрова; 3 — норма количества снега, г/см² (по В. Б. Славину-Борискому); 4 — южная граница распространения многолетнемерзлых пород верхнего слоя; 5—8 — зоны, отражающие потенциальную возможность развития термокарста при удалении растительного покрова (5 — первая, 6 — вторая, 7 — третья, 8 — четвертая)

годовой температуры грунтов через 0°C и многолетнее протаивание многолетнемерзлых толщ. При этом наиболее неблагоприятны для промышленного освоения, связанного со строительством тепловых сооружений, участки, сложенные сильнольдистыми глинистыми породами, суммарная осадка при протаивании которых может превышать 4 м, а также участки распространения крупных (пластовых и повторно-жильных) залежей льда, располагающихся у подошвы сезонноталого слоя.

В результате дифференциации территории Западной Сибири по степени устойчивости к техногенному термокарсту С. Ю. Пармузин и И. И. Шаманова [42] выделили зоны, отражающие потенциальную возможность развития термокарста при удалении растительного покрова в различных природных микрорайонах, характеризующихся определенным режимом снегонакопления (см. рис. 10.6). В первой зоне (северной) удаление растительного покрова не при-

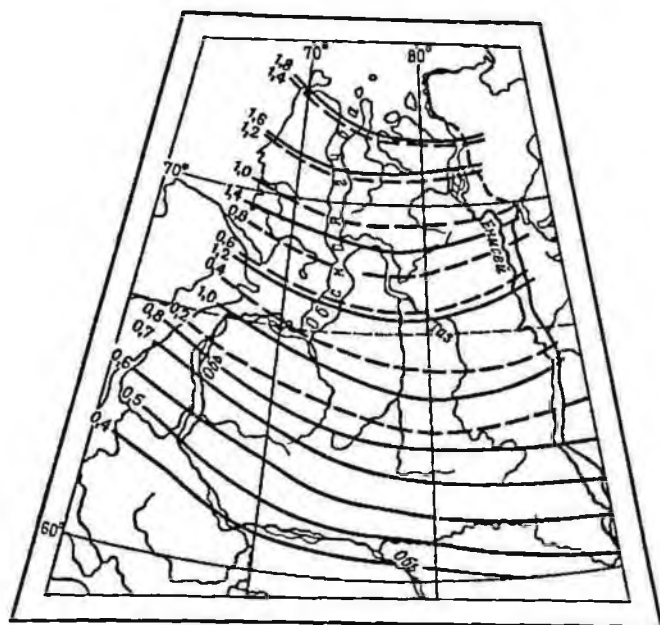


Рис. 10.7. Критическая глубина водоемов (в метрах), превышение которой приводит к развитию термокарста:

1 — при отсутствии снега на поверхности льда; 2 — при мощности снега на поверхности льда 0,3–0,4 м

ведет к развитию термокарста; во второй оно возможно лишь на участках с избыточным снегонакоплением (ложбины стока, межбугровые понижения, долины малых водотоков и др.); в третьей — на участках с нормальным снегонакоплением (возвышенные залеженные поверхности), поскольку на территориях с избыточным снегонакоплением многолетнемерзлые толщи с поверхности здесь отсутствуют; в четвертой (южной) зоне удаление растительного покрова приведет к развитию термокарста на всех участках, где распространены ММП.

Для прогнозирования оценки допустимой глубины техногенных и естественных водоемов в различных природных зонах севера Западной Сибири может быть использована карта (см. рис. 10.7). Критические глубины водоемов, превышение которых приводит к многолетнему протаиванию ММП, закономерно возрастают с юго-запада на северо-восток и существенно зависят от условий снегонакопления. У южной границы распространения ММП на участках с избыточным снегонакоплением малейшее обводнение поверхности приводит к многолетнему протаиванию пород, а в арктической тундре критические глубины водоемов могут превышать 1,5 м.

Сопоставление данных повторных инженерно-геологических съемок, позволивших непосредственно зафиксировать и количественно оценить развитие техногенного термокарста, с данными прогноза по приведенным картам свидетельствует об их достаточно высокой точности.

Прогноз техногенного термокарста при крупномасштабных изысканиях под конкретные инженерные сооружения производится на основе специальных теплотехнических расчетов с помощью серии картограмм и номограмм, а также математического или аналогового моделирования. В результате этих расчетов определяют оптимальную высоту насыпей и подсыпок, мощность и плотность снега, толщину теплоизоляционных покрытий и т. д., необходимые для предотвращения начавшегося в процессе освоения территории термокарста или, наоборот, ускорения процесса с целью искусственного оттаивания сильнольдистых горизонтов многолетнемерзлых толщ.

Криогенное пучение грунтов.¹ При техногенном воздействии глубина сезонного промерзания-протаявания грунтов претерпевает существенные изменения. В пределах районов, сложенных на значительную (3—4 м) глубину связными пучинистыми грунтами, прогнозируемое увеличение мощности сезонноталого и сезонномерзлого слоев приведет к росту суммарной величины пучения. В пределах участков, где разрез природного сезонноталого или сезонномерзлого слоя сложен пучинистыми грунтами, а ниже залегают непучинистые пески, суммарная величина пучения при техногенном воздействии не увеличится, так как прогнозируемая мощность названных слоев возрастает за счет непучинистого грунта.

Расчеты показывают, что при освоении территории суммарная величина пучения грунтов сезонноталого слоя возрастает в пределах районов первого типа в 2—3 раза, а в районах развития сезонномерзлого слоя — в 1,5—2 раза. При этом неравномерность проявления пучения грунтов по площади для участков сезонноталого слоя в целом уменьшится, а для участков сезонномерзлого слоя — резко увеличится.

Сезонные взбугривания поверхности грунтовой толщи нередко оказываются началом образования многолетнего сегрегационного бугра пучения, так как в следующий зимний сезон на этом участке мощность снега резко уменьшается и происходит дополнительное охлаждение грунта. Мощность линзы мерзлого грунта прогрессивно увеличивается. Рост ее сопровождается пучением грунта и дальнейшим увеличением высоты грунтового массива. В итоге происходит новообразование ММП.

Новообразование многолетних бугров пучения зафиксировано при освоении территории. Их площадь в первые годы роста совпадает с площадью взбугривания при криогенном пучении грунтов сезонноталого слоя мощностью 2 м и более.

¹ Составил В. Л. Невечеря.

Рост суммарной величины криогенного пучения при освоении территории приведет к такому же увеличению выпучивания мало-нагруженных фундаментов. Для линий электропередач на севере региона величина последнего возрастает, по данным В. Л. Невечери, с 2 см до 10 см в год при увеличении мощности сезонноталого слоя в 2—2,5 раза. При таком развитии процесса опоры выходят из строя через 5—10 лет.

По данным стационарных наблюдений, касательные силы пучения при этом достигают 0,12 МПа. Эти данные могут быть использованы для расчетов различных сооружений, так как интенсивность криогенного пучения грунтов при освоении территории не меняется.

Криогенное растрескивание грунтов¹. Оно представляет собой процесс образования и роста трещин в грунте в результате его замерзания и дальнейшего понижения температуры (в области ниже 0°C) в зимнее время. Как правило, мерзлый однородный массив грунта при этом разбивается сетью криогенных трещин на прямоугольные в плане блоки — полигоны. Образование полигонов сопровождается формированием полигонально-жильных структур. Основные причины растрескивания — низкие зимние температуры воздуха, частотный график их колебаний и условия снегонакопления [17, 18]. В связи с последним фактором можно говорить о растрескивании в естественных (при естественном снежном покрове) и нарушенных (с удаленным снежным покровом) условиях.

В естественных условиях в районах криолитозоны Западной Сибири криогенные трещины имеют протяженность порядка нескольких десятков метров и глубину от полутора до нескольких метров. Одиночные криогенные трещины длиной 10—20 м и шириной раскрытия поверху 3—5 см встречаются, например, в днищах заторфованных хасыреев (район р. Правая Хетта и др.). Аналогичные трещины с шириной раскрытия 1—2 см распространены в супесчано-суглинистых отложениях на водораздельных плато (Тазовский п-ов). Полигонально-жильные структуры развиты практически повсеместно севернее южной границы лесотундры.

Установлено, что в условиях Западной Сибири криогенные трещины образуются в песчаных отложениях при средней минимальной температуре поверхности грунта —20°C и ниже, в глинистых — при —13°C и ниже, в торфяных при —16°C и ниже. В соответствии с этим для однослойных (до глубины 5—10 м) разрезов на территории севера Западной Сибири можно выделить три зоны криогенного растрескивания (рис. 10.8).

В пределах зоны I (см. рис. 10.8) растрескиванию подвержены грунты любого литологического состава. В песках криогенные трещины имеют глубину 2—2,5 м с размерами полигонов около 15 м; в супесчано-суглинистых грунтах их глубина достигает 8 м, а ширина полигонов составляет 20—29 м. Торф в этой зоне мог бы

¹ Составили С. Е. Грешишев, Ю. Б. Шемшин и В. Ч.-У. Ли.

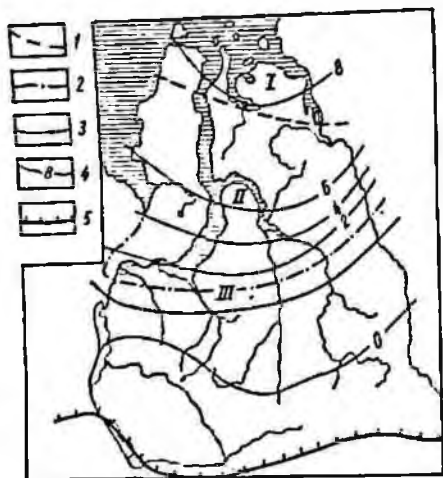


Рис. 10.8. Схема распространения криогенного растрескивания грунтов в естественных условиях на севере Западной Сибири:

1—3 — южные границы зон криогенного растрескивания песков (I), торфов (II) и супесчано-суглинистых грунтов (III) соответственно; 4 — изолинии абсолютных значений температуры (в °C) мерзлых пород на подложке слоя нулевых годовых амплитуд; 5 — южная граница распространения многолетнемерзлых пород

также интенсивно растрескиваться, но торфяные отложения здесь практически отсутствуют, они приурочены к более южным районам.

В зоне II криогенные трещины в песках практически отсутствуют и встречаются лишь на возвышенных частях террас, песчаные раздувы и т. д., т. е. там, где снег зимой сдувается). В супесчано-суглинистых отложениях глубина трещин составляет 5—7 м, а ширина полигонов — примерно 30 м; в торфе глубина трещин равна его мощности (до 5 м) при ширине полигонов примерно 20—25 м.

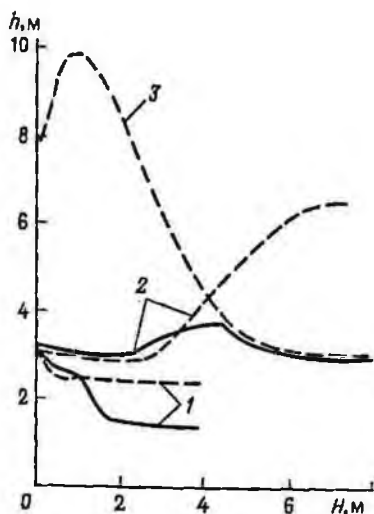
В зоне III в песчаных и торфяных отложениях криогенное растрескивание не происходит. В супесчано-суглинистых грунтах могут возникать криогенные трещины глубиной 5 м с шириной полигонов примерно 20—25 м. Южнее этой зоны криогенное растрескивание при естественном снежном покрове не развивается.

В двухслойных (до глубины 10 м) грунтовых разрезах при естественном снежном покрове параметры криогенных трещин существенно зависят от мощности и соотношения прочностных характеристик верхнего и подстилающего слоев. На рис. 10.9 по результатам математического моделирования приведены возможные глубины криогенных трещин в двухслойных разрезах.

В нарушенных условиях (при удалении снежного покрова) процесс криогенного растрескивания резко активизируется. В условиях сдувания снега или снежных расчисток криогенные трещины могут стать причиной разрушения и деформаций фундаментов зданий, насыпей, земляных плотин, дорожных и аэродромных покрытий, подземных трубопроводов и др. Во многих случаях при удалении растительности и планировочных работах условия снегонакопления резко изменяются в сторону уменьшения толщины снежного покрова, что приводит к понижению температуры грунтов. В ре-

Рис. 10.9. Зависимость глубины криогенных трещин h в двухслойных грунтовых разрезах от мощности верхнего слоя пород H при различном строении разреза:

1 — верхний слой — торф, нижний — песок;
2 — верхний слой — глинистый грунт, нижний — песок;
3 — верхний слой — песок, нижний — глинистый грунт; сплошная линия — в ненарушенных условиях, пунктирная — с удалением снежного покрова (по данным математического моделирования)



зультате криогенные трещины могут образоваться в тех местах, где при нормальном снежном покрове они отсутствуют.

Прогноз криогенного растрескивания при удалении снежного покрова производился с помощью математического моделирования. Для прогноза использовалась методика, изложенная в работах [17, 18]. Температура поверхности грунта принималась равной температуре воздуха в зимнее время. Последняя задавалась по данным наблюдений метеостанций, расположенных в пределах криолитозоны Западной Сибири. Деформационные, прочностные и термореологические свойства основных разновидностей мерзлых грунтов были определены непосредственно лабораторным путем.

Расчеты показали, что при удаленном снежном покрове криогенные трещины образуются во всех типах грунтов по всей территории криолитозоны Западной Сибири. Результаты расчетов для однослойных разрезов обобщены в виде картосхемы распределения прогнозных значений параметров криогенных трещин (рис. 10.10). Несмотря на большую погрешность выполненных расчетов на картосхеме достаточно отчетливо проявляется закономерность в распределении параметров трещин по площади рассматриваемой территории: и в песчаных, и в глинистых грунтах частота трещин к северу увеличивается (т. е. уменьшается ширина полигонов растрескивания), а глубина трещин несколько уменьшается.

Результаты расчетов глубины трещин при удаленном снежном покрове для двухслойных разрезов в обобщенном виде показаны на графике зависимости глубины трещин от мощности верхнего слоя грунта на рис. 10.9. Ширина полигонов для этих толщ мало отличается от этого параметра для однослойного разреза, сложенного грунтом, одинаковым по составу с грунтом верхнего слоя двухслойного разреза.

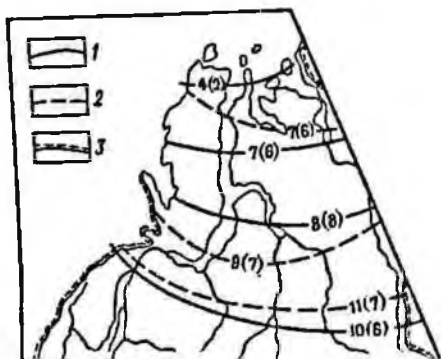


Рис. 10.10. Прогнозная схема распределения параметров криогенного растрескивания грунтов при удаленном снежном покрове;

1, 2 — изолинии ширины (в метрах) полигона в песчаных и супесчаноглинистых грунтах; 3 — граница Заскандо-Сибирской плиты. Цифры в скобках — глубина трещин (в метрах)

Как в естественных, так и в нарушенных условиях максимальное раскрытие трещин изменяется по глубине и составляет до 1 см на поверхности и до 2 мм на глубине 2—3 м. Ниже 3—3,5 м ширина трещин резко уменьшается до сотых долей миллиметра (волосяные трещины).

Об активности геологических процессов на освоенных приречных территориях центра и севера региона.¹ Освоение нефтяных и газовых месторождений центра и севера региона обусловило строительство крупных промышленных комплексов, гражданских предприятий, жилых поселков и городов. Наиболее благоприятны с экономической и инженерно-геологической точки зрения участки вдоль берегов рек. Именно они стали объектом интенсивного освоения, нередко ускоренными темпами и часто без достаточно четкого инженерно-геологического обоснования, что, как правило, приводит к резкому изменению и нарушению многих компонентов природной обстановки. Это и сведение лесов и изменение режима поверхностных, а нередко и подземных вод, повышение нагрузок на грунты или, наоборот, их временная или длительная разгрузка в процессе проведения инженерно-строительных работ, нарушение сплошности почвенного покрова и др. Нарушение природного равновесия в свою очередь вызывает активизацию различных геологических процессов, которые раньше протекали с небольшой скоростью, или возникновение новых антропогенных геологических процессов и явлений.

Сведение растительного и почвенного покровов вокруг городов и поселков и распашка новых земель ведут к снижению эрозионной устойчивости пород, способствуют интенсификации эрозионных процессов. Активизация этих процессов наблюдается по правому берегу Оби на участке Ханты-Мансийск — Перегребное, где в последнее время интенсивно ведутся лесозаготовки, возведены крупные переходы магистральных газопроводов через Обь. Такая же

¹ Составили В. Т. Трофимов и Н. Г. Фирсов.

картина наблюдается в Среднем Приобье и Нижнем Прииртыше.

Уничтожение или нарушение напочвенного покрова особенно резко сказывается на развитии эрозии в области распространения ММП. Здесь во многих районах вследствие бессистемного движения гусеничного транспорта на склонах, даже очень пологих, образовались промоины и овраги. Кроме того, процессы эрозии здесь осложняются возникновением солифлюкционных потоков на склонах, термокарста, особенно по повторно-жильным льдам, что также способствует формированию промоин, оврагов, формированию эрозионно-термокарстового рельефа. Аналогичная картина отмечена по трассам газопроводов, во многих населенных пунктах севера (Салехард, Тазовский, Газсале, Красноселькуп и др.), центра и юга [30, 50, 60] области. Снятие растительного и снежного покрова в более южных районах нередко приводит к формированию перелетков, что в конечном итоге ухудшает фильтрационные свойства грунтов и способствует развитию оврагов и промоин.

Выросший объем перевозок при слаборазвитой дорожной сети привел к увеличению интенсивности судоходства на Оби, Иртыше, Конде, Надыме, Пуре и многих других реках. Это, с одной стороны, потребовало углубления и спрямления русел, уничтожения отмелей, кос, островов, а с другой — привело к интенсификации волнений водных масс, изменению гидрологического режима и в конечном счете — к усилению речной эрозии. Ее активизация обусловила оживление или образование оползней, обвалов, осыпей, суффозии, овражной эрозии. Так, в районе Тобольска пойменный берег, сложенный суглинком, за один летний месяц отступил более чем на 3 м. Довольно интенсивное разрушение берега Оби наблюдалось в 1974 г. в районе Нижневартовска, когда объем разрушенной и унесенной массы грунта достиг огромных значений. Обрушение вызвано, с одной стороны, пригрузкой берега, а с другой — углублением русла протоки и соответственно изменением режима потока в излучине реки. Углубление русла протоки в районе Ханты-Мансийска привело к резким подвижкам оползневого склона. Похожая картина интенсивного разрушения берега реки и формирования обвалов, осыпей и оползней наблюдается в долине Иртыша на участке от Тобольска до Ханты-Мансийска, а также долинах Оби, Конды, Таза и других рек.

В южных сельскохозяйственных районах развитие эрозионной сети на осваиваемых приречных участках в большинстве случаев связано с распашкой земель и несоблюдением правил ее ведения (бороздование по склону, распашке ложбин, балок, косогоров и земель, непосредственно примыкающих к бровке речных террас). Все это в конечном счете приводит к активизации овражной деятельности временных водотоков и способствует образованию оползневых, обвальных и осыпных склонов.

Таким образом, освоение территории способствует активизации эрозионных процессов. Особенно резко это проявляется при линейном строительстве. Нередко даже на пологих склонах трубопроводы оказываются висящими над глубокими промоинами, образо-

вавшимися весной или после длительного дождливого периода. Эрозионные процессы приводят к развитию осыпных, обвальных и оползневых явлений, существенно усложняя инженерно-геологическую обстановку в пределах приречных дренируемых участков.

Среди других геологических процессов, осложняющих инженерно-геологическую обстановку на осваиваемых приречных территориях, следует отметить увеличение влажности грунтовых толщ и заболачивание. Обводнение застраиваемых территорий происходит вследствие изменения режима, условий питания и дренирования грунтовых потоков. На значительной части региона гидрогеологические условия таковы, что уже в ходе строительства крупных объектов уровень грунтовых вод на строительных площадках начинает существенно повышаться. Подобная картина наблюдается во многих районах страны, но на территории Тюменской и Томской областей в пределах зоны распространения сильноувлажненных пород этот процесс особенно четко выражен. Причиной обычно является использование при возведении промышленных объектов насыпных грунтов, обладающих большей или меньшей водопроницаемостью по сравнению с грунтами естественного сложения. В первом случае они способствуют усилению фильтрации атмосферных осадков, во втором — нарушают естественный поток грунтовых вод, что в итоге приводит к переувлажнению и заболачиванию грунта. Как отмечал М. Ф. Хасанов, при планировке территории жилого квартала восточнее пос. Погребное пониженные участки рельефа, промоины и мелкие овраги засыпали местными слабопроницаемыми пылеватými суглинками. Ухудшение условий поверхностного и частично подземного стока привело к повышению уровня грунтовых вод. Уже через год здесь произошло подтопление овощехранилища и первых жилых домов. Подобная картина наблюдается и в других поселках (Белый Яр, Березово, Тугияны и др.).

Существенно изменяются увлажненность верхней части разреза при сокращении и задержке подземного стока. Происходит это в тех случаях, когда на пути естественных потоков возводятся здания с заглубленным фундаментом, прокладываются дороги, полотна которых обычно отсыпается из местного слабопроницаемого грунта, создаются ледово-грунтовые дороги с глубокопромерзающим ядром. Так, строительство автомобильных дорог привело к нарушению подземного стока и подтоплению трассы газопровода на участках Белый Яр — Перегребное, Игрим — Светлый и эксплуатационных скважин между поселками Пунга и Светлый [28]. Аналогичные явления в значительных масштабах отмечены и в Среднем Приобье [30].

В силу указанных выше причин, а также из-за утечек вод из сетей водоснабжения, подъем уровня грунтовых вод более чем на 1 м был установлен на строительных площадках уже в самом начале массового строительства в Тюмени, Сургуте и Тобольске [30]. Тенденция к его повышению была установлена и на строительных площадках других городов и поселков Среднеобского и Шаимско-Кондинского нефтедобывающего районов. Стремление удешевить

и ускорить гражданское строительство привело проектировщиков к широкому применению при инженерной подготовке застраиваемых заболоченных территорий метода «коридоров коммуникаций», при котором замена торфа грунтом производится лишь в узких полосах (коридорах), а между ними торф пригружается грунтом. Такое осушение часто не достигает своей цели, так как отсыпка обычно производится местными грунтами с низкой водопроницаемостью. Сохранение на застраиваемых территориях обводненных и заболоченных земель приводит к еще большему их заболачиванию из-за подъема уровня грунтовых вод.

Наблюдения на трассах линейных сооружений показали, что и здесь происходят изменения положения уровня грунтовых вод и создаются благоприятные условия для развития процессов заболачивания. Вдоль трассы железной дороги Тюмень — Сургут на участке от разъезда Выйский до станции Демьянская дренажные каналы в большинстве случаев устроены лишь с одной стороны дороги. Дно их в большинстве случаев заилено [30]. В результате нарушенного водоотвода кюветы заболачиваются, скопившиеся здесь воды находятся на уровне основания железнодорожной насыпи и подтопляют земляное полотно. На трассе межпромыслового газопровода на месторождении Медвежье во многих местах в результате теплового влияния трубопровода, а также действия поверхностных вод вдоль трубы образуются полосы и воронки проседания, заполненные водой. Нарушение мохово-растительного покрова и незарегулированный сток поверхностных вод приводят к еще большему заболачиванию прилегающих к трубе участков. В результате траншея затапливается и труба плавает в воде.

Увеличение обводненности приповерхностных толщ приводит к ухудшению свойств грунтов. Так, цементационные структурные связи, возникшие в окислительной среде, при водонасыщении породы и появлении восстановительной обстановки разрушаются из-за перехода железа в закисную форму, способную к растворению. Многие грунты Западной Сибири, особенно широко распространенные верхнечетвертичные аллювиальные пылеватые супеси и пески, при водонасыщении значительно снижают прочность и приобретают способность к тиксотропному разжижению.

Обводнение приповерхностных толщ и заболачивание территории может привести к изменению мерзлотных условий. Как показали расчеты, заболаченность в различных условиях может быть как охлаждающим, так и тепляющим фактором. Так, установлено, что на севере Западно-Сибирской плиты среднегодовые температуры пород на заболоченных участках, как правило, выше, чем на сухих. В пределах зоны несплошного распространения ММП, где находятся многие газовые месторождения, тепляющее воздействие собирающихся на поверхности вод может привести к деградации многолетней мерзлоты и деформации тех сооружений, которые возведены и эксплуатируются с сохранением в их основании мерзлых пород. В таких районах, как Среднее Приобье, снятие растительного, мохового и снежного покрова на строительных площадках

существенно повышает глубину сезонного промерзания. Так, наблюдения в зимний период показали, что на осваиваемых участках в Сургуте глубина промерзания достигла 4 м. При таких условиях повышение влажности грунтов может привести к возникновению ММП со всеми присущими им отрицательными явлениями (криогенное пучение, морозобоинное растрескивание, термокарст и т. д.).

В заключение следует отметить, что инженерная и хозяйственная деятельность человека на осваиваемых территориях Западно-Сибирской плиты во многих случаях вызывает и будет вызывать активизацию многих геологических процессов и явлений, ведущих к сокращению площади осваиваемых территорий или ухудшению свойств грунтовых толщ, в частности снижению несущей их способности. Все это предъявляет повышенные требования к проводимым в пределах региона проектно-изыскательским и строительным работам.

10.4. Основные проблемы рационального использования и охраны геологической среды

Инженерно-хозяйственная деятельность, объем и интенсивность которой в пределах Западно-Сибирской плиты постоянно возрастают, и прогрессивно продвигаются на север, практически повсеместно приводит к изменению различных компонентов и геологической среды в целом. Полностью избежать их нельзя, поэтому проблема состоит не столько в охране, сколько в рациональном использовании геологической среды. В этом случае на первое место выдвигаются проблемы управления процессами, происходящими в верхней части разреза плиты, с целью обеспечения рационального функционирования геологической среды.

Главный аспект этой проблемы — тщательное соблюдение проектного режима технологии освоения и проектного режима эксплуатации геологической среды, основанных на знании геологических закономерностей ее развития. Это будет способствовать сведению неизбежных изменений к минимуму (обычно закладываемому в проекты), позволит сократить масштабы или избежать развития сопутствующих негативных изменений. Второй ее аспект заключается в недопущении или прекращении, если это уже имеет место тех видов воздействий, которые вредны для данного типа геологической среды и наносят наибольший ущерб ее ресурсам. Третий аспект этой проблемы — правильный всесторонний учет природной обстановки, в первую очередь особенностей геологической среды при проектировании и строительстве защитных и других регулирующих инженерных сооружений, создаваемых для управления геологической средой.

Решение этой проблемы в наиболее полном объеме возможно при соблюдении следующих условий: 1) наличии к моменту разработки планировочной документации и началу проектирования качественной инженерно-геологической информации; 2) научно об-

основанном проектировании по качественным крупномасштабным материалам опережающих (и в случае необходимости уточняемых в ходе проектирования) инженерно-геологических работ, включающих в качестве обязательного вида исследований прогнозирование развития геологических процессов под влиянием естественных и главное — техногенных факторов; 3) своевременной разработке геологически обоснованных рекомендаций и проектов по борьбе с развитием опасных геологических процессов; 4) выполнении строительных работ и эксплуатации сооружений, в том числе защитных, в строгом соответствии с проектом, учитывающим инженерно-геологическую обстановку.

Первый из этих моментов чрезвычайно важен, поскольку именно он закладывает основу для разработки рациональных с геологической точки зрения путей освоения территории. Реализация этой позиции требует осуществления объемного и дорогостоящего комплекса геологических работ, включающего опережающую среднemasштабную инженерно-геологическую съемку района освоения, крупномасштабную съемку и разведку конкретных участков, стационарные режимные наблюдения за динамикой геологической среды на освоенных участках, выполнение геологического надзора за характером эксплуатации этих территорий.

Необходимо подчеркнуть, что в решении проблем рационального использования геологической среды чрезвычайно важная роль принадлежит научным исследованиям. Разработка региональных и локальных прогнозов, их постоянное уточнение по данным режимных наблюдений, выработка на основе этого путей управления негативными процессами — вот что должно являться фундаментом профилактики техногенных воздействий и рационального использования геологической среды. Это одновременно и стратегия борьбы с неблагоприятными природными и антропогенными геологическими процессами.

Инструментом рационального использования геологической среды, а в случае необходимости и ее охраны, может стать литомониторинг, представляющий собой систему наблюдений, оценки, прогноза и управления природно-техногенными изменениями состояния геологической среды [46]. В таком понимании литомониторинг является междисциплинарной сферой деятельности; геологи выполняют в ней только определенные, хотя и очень емкие, чрезвычайно важные по содержанию функции.

Функциональная структура системы литомониторинга включает два взаимосвязанных блока: 1) контроля (система натурных режимных наблюдений — наземных, подземных, аэрокосмических и др.), 2) управления (автоматизированная информационная система АИС и система непосредственного управления). Такая структура обеспечивает практическую реализацию его основного технологического процесса — наблюдений, оценки, прогнозов и управления состоянием геологической среды, или функционирование системы литомониторинга в целом.

Система режимных наблюдений литомониторинга принципиально отличается от традиционных систем режимных наблюдений за отдельными экзогенными геологическими процессами целенаправленностью, т. е. наличием целевой программы и выходом на конечную цель — управление природно-техногенными изменениями состояния геологической среды в границах ПТС; оптимальной полнотой — многоаспектной комплексностью наблюдений по целям, и объектам наблюдений (изменение вещественно-энергетических компонентов геологической среды, т. е. всего парагенетического комплекса природно-техногенных геологических процессов), методам и методикам наблюдений (дистанционных, наземных, подземных); системностью — взаимодействием по прямым и обратным каналам связи с АИС выполняющей (контролируемой) перманентные прогнозы и управление и корректирующей методику всего комплекса режимных наблюдений; гарантированной сохранностью результатов наблюдений любого объема в АИС.

Задачами этой системы являются хранение и поиск режимной информации; целенаправленная ее обработка и оценка; выполнение перманентных прогнозов; решение оптимизационных задач и выдача управляющих решений. Соответственно этим задачам в АИС обычно формируют четыре автоматизированные подсистемы: информационно-поисковую, обработки данных, прогнозно-диагностическую, решения оптимизационных задач.

Функционирование АИС требует системного (инженерно-геологического), информационного, математического и технического обеспечения. Системное обеспечение — это специальным образом организованная инженерно-геологическая информация (исследовательская и режимная) о природной подсистеме природно-технической системы и особенностях последней в целом. Оно составляет содержательную, инженерно-геологическую основу перманентных прогнозов и управления состоянием геологической среды в границах ПТС. В банке данных ее непрерывно накапливается инженерно-геологическая информация, структурируемая для хранения, анализа, обработки, оценки многоцелевого поиска, пополнения и выдачи. Фактически — это другой поисковый аспект структурирования того же массива информации в банке данных (первый аспект — системный).

Математическое обеспечение АИС должно иметь в соответствии с ее четырьмя основными задачами четыре типа пакетов программ (поисковые, статической обработки, прогнозно-диагностические, оптимизационные), сопровождаемых своими управляющими программами. Техническое обеспечение АИС составляют компьютеры и другие технические устройства, включая каналы связи АИС с техническими устройствами натурных режимных наблюдений и с другими АИС и автоматизированными системами управления (АСУ).

Деятельностную суть литомониторинга составляет система целенаправленной инженерной деятельности, состоящей из упорядо-

ченного набора процедур, организованного в циклы: (наблюдения H_1 — оценка состояния геологической среды по результатам наблюдений O_1 — прогноз P_1 — управление Y_1) — (наблюдения H_2 — оценка состояния среды по результатам наблюдений O_2 — оценка прогнозов O_1 (P_1) — корректировки прогноза P_2 (P_1) — оценка управления O_1 (Y_1) — корректировка управления Y_2 (Y_1)) — (наблюдения H_3 и т. д.).

Этот непрерывный «технологический» процесс литомониторинга, условно представленный в виде (дискретных) процедур, фактически состоит из трех идущих параллельно взаимосвязанных и систематически оцениваемых процессов: режимных наблюдений, перманентных прогнозов и управления. Как видно из приведенной выше схемы, в системе литомониторинга осуществляется оценивание трех типов: достоверности (сходимость) прогнозов; точности управления, т. е. степень отклонения от цели; отклонения состояния среды от ее оптимального и гомеостатического состояний. Следует обратить внимание на тесную взаимосвязь второго и третьего оценивания, связанных с целью управления и, следовательно, основной целью системы литомониторинга, — сохранением (или достижением) в границах гомеостатического состояния природной (геологической) подсистемы ПТС и оптимального состояния последней в целом.

В разработке и введении в действие системы литомониторинга как междисциплинарной сферы деятельности важная роль принадлежит инженерной геологии. Это положение обосновывается тем, что методами этой науки (как и гидрогеологии, геохимии и геокриологии) выполняются: 1) контроль (режимные наблюдения) и оценка состояния геологической среды в целом и отдельных ее компонентов; 2) перманентные прогнозы природно-техногенных изменений геологической среды; 3) решение оптимизационных задач и выработка инженерно-геологических рекомендаций; 4) геологический контроль во время строительства управляющих систем (защитных регулирующих или «ограничительных» сооружений); 5) геологический контроль за работой защитных и других управляющих сооружений. Все это свидетельствует о важности задач, решаемых инженерной геологией в системе литомониторинга. Необходимо подчеркнуть «сквозной» характер этих задач, что делает работу геолога по реализации программы литомониторинга объективно необходимой.

Реализация литомониторинга в пределах Западно-Сибирского региона уже началась. Она организована в системе Главногогазпрома, получив неоправданное название «инженерно-геологического мониторинга». Его структура, предложенная Ю. Ф. Захаровым [26, 27], показана на рис. 10.11.

Структура затрат на осуществление литомониторинга достаточно сложна. В нее входят затраты на организацию, теоретическое и методологическое обоснование и составление программы мониторинга, обустройство измерительной сети, пусконаладочные работы и контрольное опробование системы мониторинга, прове-

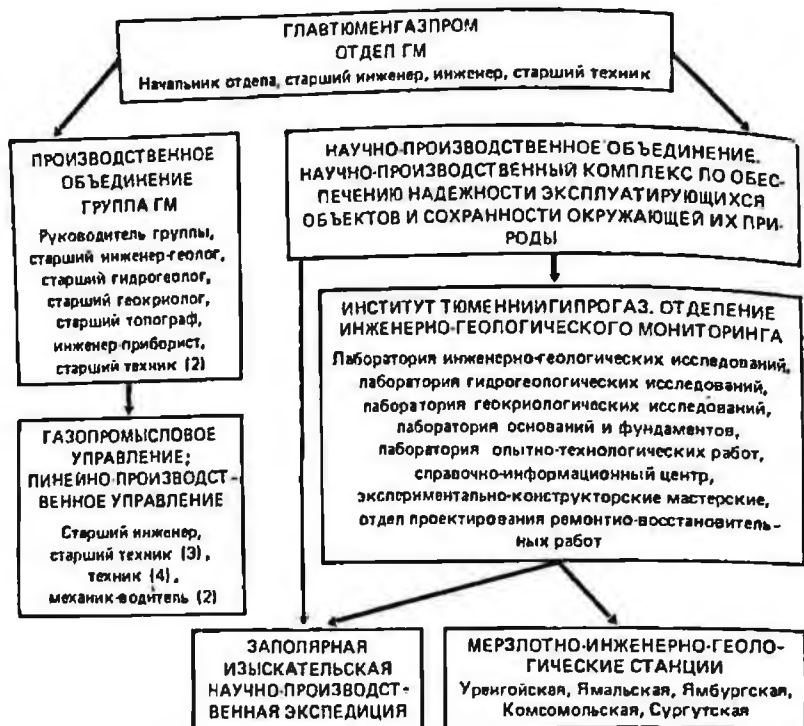


Рис. 10.11. Структурная схема службы геологического мониторинга (ГМ) Главтюменгазпрома [27]

дение наблюдений и измерений, обследования и опробования компонентов геологической среды, создание автоматизированной диагностической и информационных систем и их математическое обеспечение, обучение персонала службы мониторинга, обработку и анализ информации мониторинга, управление ПТС на основе данных режимных наблюдений, контроль за реализацией сделанных предложений и принятых решений и т. п.

Однако эти затраты эффективны. Структура возможного экономического эффекта показана на рис. 10.12.

В решении проблем рационального использования геологической среды Западно-Сибирской плиты важное значение принадлежит более широкому внедрению в практику строительства и управления экзогенными геологическими процессами методов технической мелиорации грунтов. Уже сейчас они используются при промышленно-гражданском и дорожном строительстве. В дальнейшем, по мере освоения территорий с более сложными инженерно-геологическими условиями, их роль в создании грунтовых толщ с заданными свойствами должна увеличиваться в районах распространения



Рис. 10.12. Структура экономического эффекта литомониторинга нефтегазопромысловых природно-технических систем [27]

как мерзлых и талых, так и многолетнемерзлых пород. Эти методы должны и будут еще шире использоваться для управления состоянием грунтовых толщ на участках, в пределах которых при эксплуатации инженерных сооружений развиваются неблагоприятные геологические процессы, угрожающие нормальной работе таких объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боду Ю. Б., Трофимов В. Т., Васильчук Ю. К. Основные закономерности распространения и типы пластовых залежей подземного льда в северной части Западно-Сибирской плиты.— В кн.: Пластовые льды криолитозоны. Якутск, 1982, с. 13—24.
2. Буудин В. В. Многолетнемерзлые породы нефтегазоносных районов СССР. М., Недра, 1985.
3. Буудин В. В., Чеховский А. Л. Мощность мерзлых горных пород Западной Сибири.— Тр. ПНИИНСа, 1976, вып. 49, с. 4—31.
4. Бегров С. Г., Васильев И. П., Гаджиев И. М. Природные ресурсы Новосибирской области. Новосибирск, Наука, 1986.
5. Бегров С. Г., Савкин В. М. Динамика и комплексное использование береговой полосы водохранилищ Оби и Енисея.— В кн.: Труды координационных совещаний по гидротехнике. Л., 1976, вып. 107, с. 102—107.
6. Болога Западной Сибири, их строение и гидрологический режим/Под ред. К. Л. Иванова, С. М. Попикова. Л., Гидрометеоиздат, 1976.
7. Васильчук Ю. К. Закономерности развития инженерно-геологических условий севера Западной Сибири в голоцене. Автореф. канд. дис. М., МГУ, 1982.
8. Васильчук Ю. К., Трофимов В. Т. Дискуссионные вопросы палеогеокриологии плейстоцена и голоцена Западной Сибири в свете новых данных.— Вестн. МГУ, сер. Геология, 1984, № 3, с. 64—78.
9. Васильчук Ю. К., Трофимов В. Т. Особенности криоптологического развития севера Западной Сибири в голоцене.— Бюлл. МОИП, отд. геологич., 1984, т. 59, вып. 4, с. 134—143.
10. Вознесенский Е. А. Текстоупорные свойства глинистых грунтов центральных районов Западно-Сибирской плиты. Автореф. докт. дис. М., МГУ, 1985.
11. Геокриологические условия Западно-Сибирской газоносной провинции/Под ред. Е. С. Мельникова. Новосибирск, Наука, 1983.
12. Геокриологический прогноз для Западно-Сибирской газоносной провинции/Под ред. С. Е. Гречищева. Новосибирск, Наука, 1983.
13. Геокриологическое районирование Западно-Сибирской плиты/Под ред. В. Т. Трофимова. М., Наука, 1987.
14. Геокриология СССР. Западная Сибирь. М., Недра, 1989.
15. Герасимова А. С., Коломенский Е. Н., Маркович Т. Н. Инженерно-геологические особенности глинистых пород верхнего структурного этажа Западно-Сибирской плиты. Инженерная геология, 1981, № 4, с. 38—46.
16. Герасимова А. С., Маркович Т. Н. Инженерно-геологическое районирование Западной Сибири на основе анализа показателей некоторых свойств глинистых пород. Инженерная геология, 1980, № 1, с. 73—83.
17. Гречищев С. Е., Чистотинов Л. В., Шур Ю. Л. Криогенные физико-геологические процессы и их прогноз. М., Недра, 1980.
18. Гречищев С. Е., Чистотинов Л. В., Шур Ю. Л. Основы моделирования криогенных физико-геологических процессов. М., Наука, 1984.
19. Григорьев Н. Ф. Криолитозона прибрежной части Западного Ямала. Якутск, Институт мерзлотоведения СО АН СССР, 1987.
20. Григорьев С. В. Закономерности изменения геологической среды под влиянием деятельности человека на территории Западной Сибири. Автореф. канд. дис. М., МГУ, 1979.
21. Грунтовые толщи Западно-Сибирской плиты/Под ред. В. Т. Трофимова. М., Изд-во МГУ, 1988.
22. Динько В. К. Закономерности развития термоэрозийных процессов севера Западной Сибири. Автореф. канд. дис. М., ПНИИНС, 1982.
23. Дерцакия А. К., Васильев И. П. Строительство трубопроводов на болотах и многолетнемерзлых грунтах. М., Недра, 1978.

24. Дубиков Г. И. Закономерности формирования состава и криогенного строения мерзлых осадочных пород. Автореф. докт. дис. М., МГУ, 1984.
25. Евгеньев И. Е., Казарновский В. Д. Земляное полотно автомобильных дорог на слабых грунтах. М., Транспорт, 1976.
26. Захаров Ю. Ф. Инженерно-геологический мониторинг объектов газовой промышленности/Обзор. М., ВНИИГазпром, 1985, сер. Геология и разведка газовых и газоконденсатных месторождений, вып. 13.
27. Захаров Ю. Ф. Инженерно-геологический мониторинг западно-сибирских газопромысловых и газотранспортных систем и пути повышения их надежности: Обзор. М., ВНИИГазпром, 1986, сер. Повышение экономического образования, вып. 6.
28. Захаров Ю. Ф., Хасанов М. Ф. Инженерно-геологические условия нефтегазоносных районов Северного Зауралья. М., Наука, 1981.
29. Изменчивость инженерно-геологических свойств четвертичных отложений севера Западной Сибири. М., Недра, 1987.
30. Инженерная геология СССР. Западная Сибирь/Под ред. Е. М. Сергеева. М., Изд-во МГУ, 1976.
31. Инструкция по проектированию автомобильных дорог нефтяных промыслов Западной Сибири. ВСН 26—80. Тюмень, 1981 (Миннефтепром).
32. Кайнозойские отложения, почвы, мерзлотные и инженерно-геологические условия Западной Сибири/Под ред. А. И. Попова и В. Т. Трофимова. М., Изд-во МГУ, 1980.
33. Кашиперюк П. И. Типы и инженерно-геологические особенности многолетнемерзлых торфяных массивов севера Западно-Сибирской плиты. Автореф. канд. дис. М., МГУ 1985.
34. Кашиперюк П. И., Трофимов В. Т. Типы и инженерно-геологическая характеристика многолетнемерзлых торфяных массивов. М.—Изд-во МГУ, 1988.
35. Кубринский Р. З. Грунты Тургайской ложбины и прогноз изменения их свойств при водохозяйственном освоении. Автореф. канд. дис. М., МГУ, 1988.
36. Ландшафты криолитозоны Западно-Сибирской газопромысловой провинции/Под ред. Е. С. Мельникова. Новосибирск, Наука, 1983.
37. Лисс О. Л., Березина Н. А. Болота Западно-Сибирской равнины. М., Изд-во МГУ, 1981.
38. Методические рекомендации по применению нетканых синтетических материалов при строительстве автомобильных дорог на слабых грунтах. М., 1981 (СОЮЗДОРНИИ).
39. Методические рекомендации по прогнозу изменения инженерно-геокриологических условий и развития криогенных процессов при линейном строительстве в северотаскской зоне Западной Сибири/Под ред. В. Л. Невечери. М., 1976 (ВСЕГИНГЕО).
40. Методические рекомендации по способам укрепления обочин и откосов автомобильных дорог нефтяных промыслов Западной Сибири. М., 1984 (СОЮЗДОРНИИ).
41. Методы региональных инженерно-геологических исследований для равнинных территорий/Под ред. Е. С. Мельникова, Г. И. Дубикова. М., Недра, 1981.
42. Пармузин С. Ю., Шаманова И. И. Карты оценки потенциальной возможности развития техногенного термокарста на севере Западной Сибири. Инженерная геология, 1985, № 6, с. 81—88.
43. Соломатин В. И., Крюков М. В., Хлап В. Г. К вопросу о генезисе ледовых льдов на севере Западной Сибири.—В кн.: Природные условия Западной Сибири. М., 1981, с. 64—74.
44. Рыбакова С. Т., Моргунов В. В. Прогноз динамики уровня грунтовых вод для ключевых участков зоны влияния Кулундинского канала.—В кн.: Подземные воды юга Западной Сибири. Новосибирск, 1987, с. 72—80.
45. Сергеев Е. М., Трофимов В. Т., Герасимова А. С. Инженерно-геологические условия Западно-Сибирской плиты и проблема их изменения в связи с переброской части стока рек региона в Среднюю Азию. Инженерная геология, 1979, № 6, с. 16—24.
46. Теоретические основы инженерной геологии. Социально-экономические аспекты. М., Недра, 1986.

47. Термозероиз дисперсных пород/Под ред. Э. Д. Еринова. М., Изд-во МГУ, 1982.

48. Трофимов В. Т. Закономерности формирования инженерно-геологических свойств кремнистых грунтов Зауралья. М., Наука, 1985.

49. Трофимов В. Т. Торфяные грунты Среднего Приобья как естественные основания нефтепромысловых сооружений. М., 1977 (ВНИИОЭНГ).

50. Трофимов В. Т. Закономерности пространственной изменчивости инженерно-геологических условий Западно-Сибирской плиты. М., Изд-во МГУ, 1977.

51. Трофимов В. Т., Бадю Ю. П. Региональный прогноз величин осадок оттаивания многолетнемерзлых пород Западно-Сибирской плиты. Инженерная геология, 1981, № 1, с. 101—112.

52. Трофимов В. Т., Бадю Ю. Б., Васильчук Ю. К. Инженерно-геологические условия Гыданского полуострова. М., Изд-во МГУ, 1986.

53. Трофимов В. Т., Бадю Ю. Б., Дубиков Г. И. Криогенное строение и льдистость многолетнемерзлых пород Западно-Сибирской плиты. М., Изд-во МГУ, 1980.

54. Трофимов В. Т., Васильчук Ю. К. Долгосрочный прогноз тенденций изменения инженерно-геологических условий и динамика мерзлотных процессов на севере Западной Сибири. Инженерная геология, 1984, № 3, с. 103—112.

55. Трофимов В. Т., Васильчук Ю. К., Гусев А. Б. О содержании и методике составления мерзлотных карт Западно-Сибирской плиты.— В кн.: Природные условия Западной Сибири. М., 1983, вып. 9, с. 185—200.

56. Трофимов В. Т., Шаевич Я. Е., Адилов М. Т. Лёссовые породы Западной Сибири.— В кн.: Лёссовые породы СССР. М., Недра, 1986, т. 2, с. 53—85.

57. Шапошников М. А. Геотехнические исследования болотных грунтов для строительства. Л., Стройиздат, 1977.

58. Шенин Ю. Б. Физико-геологические основы прогноза растрескивания мерзлых грунтов на севере Западной Сибири. Автореф. канд. дис. М., ВСЕГИН-ГЕО, 1977.

59. Шполянская Н. А. Мерзлотная зона литосферы Западной Сибири и тенденции ее развития. М., Изд-во МГУ, 1981.

60. Экзогеодинамика Западно-Сибирской плиты (пространственно-временные закономерности)/Под ред. В. Т. Трофимова. М., Изд-во МГУ, 1986.

Часть вторая

ХАТАНГА-ПЯСИНСКАЯ ВПАДИНА

ВВЕДЕНИЕ

Хатанга-Пясинская впадина расположена между приподнятыми Сибирской платформой и складчатой зоной северного Таймыра. В геоморфологическом отношении — это аккумулятивная низменная равнина с преобладающими абсолютными отметками до 100 м. На равнине имеется несколько параллельных плосковершинных гряд, вытянутых в восточно-северо-восточном направлении с высотами на севере до 250 м, а на юге — до 150 м. Гряды разделяются заболоченными и заозеренными понижениями с неширокими, но хорошо разработанными долинами с двумя террасовыми уровнями. Характерно слабое эрозионное расчленение.

Хатанга-Пясинская впадина вытянута с запада на восток на 1000 км при ширине около 400 км. Такая конфигурация определяет слабо выраженную инженерно-геологическую зональность при заметном изменении инженерно-геологических условий по длине. Вся территория отличается суровым климатом. Горы Бырранга защищают впадину с севера от влияния Полярного бассейна, усиливая ее континентальность. Для климата впадины характерно изменение основных параметров с запада на восток, обусловленное западным переносом воздушных масс и открытостью впадины на запад. Среднегодовая температура воздуха составляет на западе — 12,3 °С, на востоке — 13,8 °С; средняя температура января на западе — 29,7 °С, на востоке — 34,9 °С; число дней с метелями соответственно равно 100 и 40. Годовое количество атмосферных осадков составляет 240—270 мм, мощность снежного покрова на западе равна 50—70 см, на востоке — 20—30 см, а продолжительность его существования достигает 250 дней. Благодаря ветровому переносу распределение снежного покрова крайне неравномерно, особенно в западных районах; плотность снега к концу зимы достигает 0,4 г/см³; имеются перелетовывающие снежинки. Реки до конца мая, а озера еще и в июле покрыты льдом.

Из-за малого испарения в условиях низких температур воздуха для всей поверхности впадины характерны исключительно высокие заозеренность и заболоченность. Озера имеют размеры от нескольких метров до десятков километров в поперечнике. На низменности много мелких промерзающих озер, но имеются озера глубиной до 10 м; самое крупное озеро — Таймыр имеет глубину около 30 м.

Впадина расположена в зоне тундр; для севера ее типичны лишайниково-моховые, для юга — кустарничковые тундровые ассо-

циации. Только на крайнем юго-западе имеются небольшие участки лесоступовых ландшафтов.

Планомерное изучение геологического строения впадины началось в советское время (С. В. Обруев, И. Н. Урванцев и др.). В 1940—1950-е гг. разработаны стратиграфические схемы верхнего комплекса пород мезозоя и четвертичной системы (З. З. Ронкина, В. И. Сакс), которые сохраняются до настоящего времени. Более того, схема четвертичных отложений, построенная для низовьев Енисея, принята в качестве опорной для всей Западной и Средней Сибири. В 1950-е гг. большой размах получило глубокое бурение в связи с оконтуриванием нефтегазоносных структур; проведена государственная среднемасштабная геологическая съемка. Однако в целом инженерно-геологическая изученность впадины остается крайне слабой. Фактически изучены лишь геологические условия формирования инженерно-геологических особенностей территории, хотя и здесь имеется много остродискуссионных вопросов, особенно относительно четвертичной истории впадины. Изучены лишь некоторые инженерно-геологические параметры территории [1, 2, 6], комплексное инженерно-геологическое исследование впадины не проводилось.

Глава II

ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

В основании Хатанга-Пясинской впадины лежит дорифейский кристаллический фундамент, одновозрастный фундаменту Сибирской платформы. Существует мнение о гетерогенном строении фундамента, герцинском возрасте отдельных его участков (В. Н. Сакс, Я. И. Польшин и др.). Фундамент перекрывают три доюрских структурных этажа (в литературе имеются сведения о двух верхних этажах). Средний этаж сложен карбонатно-терригенными породами раннего и среднего палеозоя, формировавшимися в платформенных условиях. Верхний этаж — пермо-триасовая терригенная песчано-трапповая формация, расчлененная на морские, лагунно-морские и континентальные свиты, которые описаны на крайнем северо-востоке впадины [3]. Мощность этажа соизмерима с мощностью аналогичной формации Сибирской платформы.

Хатанга-Пясинский региональный прогиб закладывается, очевидно, уже в среднем палеозое и как самостоятельная структура оформляется в триасе. Послетриасовая история формирования инженерно-геологических условий впадины разделяется на три этапа [4].

Первый этап охватывает юрский период. В это время происходит опускание территории и накопление мощной толщи осадков преимущественно песчаного состава. Опускание сменяется относительным покоем и накоплением ритмично-слоистых глинистых

отложений. В заключение этапа отрицательные движения сменяются положительными, идет формирование практически всех крупных современных структур впадины. Закладываются единый Енисейский прогиб, захватывающий центральную часть современной впадины (долины Енисея, бассейны Пясинны и Агапы, нижнее течение Дудыпты), Танамо-Енисейская седловина, отделяющая впадину от Ямало-Гыданской зоны опусканий, и пограничные Южно-Таймырская и Северо-Сибирская моноклинали. Этап завершается денудацией поверхности.

Второй этап (мел — неоген) развития в общих чертах повторяет первый: дифференцированное погружение и накопление осадков преимущественно песчаного состава в конце этапа замедляется, накапливается толща суглинистого состава. На втором этапе продолжается формирование крупных тектонических структур, оформляются некоторые современные структуры второго порядка. Создаются Рассохинский вал и Агайский прогиб, Дудыптинский прогиб превращается в залив. Олигоцен характеризуется общим подъемом рассматриваемой территории, активизацией роста и обновления структур. В миоцене и нижнем плиоцене преобладает денудация рельефа, формируется единая с Западно- и Средне-Сибирской равнинами поверхность выравнивания.

Третий этап (конец плиоцена — четвертичный период) начинается новым и последним значительным погружением территории и накоплением толщ морских песчано-глинистых отложений мощностью до 250 м. В плиоцене завершается формирование общего современного структурного плана впадины. В кайнозое крупные и средние структуры развиваются, как правило, унаследованно, происходят наращивание их амплитуд и смещение сводов; некоторые структуры прекращают свое развитие и погребаются; образуется много новых локальных структур, не имеющих корней в юрских отложениях.

В плейстоцене и голоцене формирование инженерно-геологических условий впадины завершается под влиянием трех мощных экзогенных факторов: морских трансгрессий, оледенения и многолетнего промерзания горных пород.

Многолетнее промерзание горных пород в северных широтах восточного сектора Арктики, к которому относится рассматриваемая территория, судя по исследованиям в смежных регионах, начинается в самом начале четвертичного периода и продолжается прерывно вплоть до нашего времени, изменяется лишь его интенсивность. По спорово-пыльцевым данным [1] в теплые периоды с территории впадины заходит с юга северная тайга. Процесс многолетнего промерзания пород в Хатанга-Пясинской впадине проявляется лишь морскими трансгрессиями, под дном наступающего на сушу моря. Несмотря на значительное число исследований четвертичных отложений впадины (В. Н. Сакс, С. А. Стрелков, В. А. Зубаков, Ю. А. Лаврушин, С. А. Архипов, С. Л. Троицкий, Н. А. Загорская, Н. В. Кинд, Л. Л. Исаева и др.) вопросы масштаба трансгрессий и оледенений, их числа и соотношения друг

с другом остаются во многом дискуссионными. Имеются точки зрения как о самостоятельности оледенений (С. Л. Троцкий, В. Н. Сакс, С. А. Стрелков), так и о их зависимости от морских трансгрессий (Г. И. Лазуков, А. И. Попов, В. А. Зубаков и др.) и преобладании морского осадконакопления [2, 6].

Похолодание четвертичного времени сопровождалось образованием ледниковых покровов, центры которых относят как к горам Бырранги и Пutorана, так и к шельфу Карского моря. Сторонники покровного оледенения Северо-Сибирской низменности выделяют несколько ледниковых эпох в раннем и среднем плейстоцене, отложения которых изучены слабо (только по кернам и скважинам), и две ледниковые эпохи (зырянская и сартанская) в позднем плейстоцене. Под ледниковыми покровами небольшой мощности (500 м) могло идти интенсивное наращивание мощности многолетнемерзлой толщи (А. Л. Чеховский, В. В. Баулин), что наиболее вероятно для рассматриваемой территории. С поверхности накапливались слабо сортированные моренные суглинки с неравномерной льдистостью и включениями ледникового льда. Оледенение горных систем, окружающих впадину, как и вообще денудационный снос, оказали влияние на инженерно-геологические свойства пород низменных участков впадины, определив их относительно плохую сортированность и грубообломочный состав, преобладание песчаных разностей в восточной половине и окраинных территориях впадины.

В одной из последних обобщающих работ [1] представлена схема сторонников покровных оледенений Северо-Сибирской низменности. В этой работе гряды, пересекающие Хатанга-Пясинскую впадину с юго-запада на северо-восток, рассматриваются как ледниковые и относятся к муруктинскому (зырянскому) и сартанскому оледенениям. Низменные участки впадины имеют морской и озерно-аллювиальный генезис. Данные поискового бурения на нефть и газ опровергают эту схему, поскольку в основании гряд выделяются структурно-тектонические элементы впадины [4]. Таким образом, даже сторонники покровных оледенений более половины площади Северо-Сибирской низменности рассматривают как равнину, выполненную морскими отложениями в комплексе с озерно-аллювиальными.

В целом следует принять, что формирование инженерно-геологических условий Хатанга-Пясинской впадины и, в первую очередь, ее западных и центральных районов в плейстоцене аналогично и синхронно формированию условий в северных районах Западной Сибири, т. е. на территории преобладали морское осадконакопление и деградация мерзлых толщ на участках, занятых морем. Обширные древние трансгрессии приводили к многолетнему протавнению пород сверху и сокращению мощности мерзлых толщ снизу. В морских бассейнах отлагались тонкодисперсные засоленные осадки, во многом определяющие инженерно-геологические свойства пород впадины, в том числе формирование сильнольдистых грунтов и пластовых льдов. В мелководных казанцевском и кар-

гинском морях прибрежно-морские осадки промерзали по сингенетическому типу.

В сартанское время резкое похолодание в северном полушарии дает новый импульс охлаждению горных пород. Формируются низкие надпойменные террасы с горизонтом сингенетических мерзлых толщ и повторно-жильными льдами.

В голоцене завершается формирование современных инженерно-геологических комплексов четвертичных отложений (аллювий первой террасы и поймы, озерно-болотные осадки). Голоцен характеризуется относительно активной тектонической деятельностью: обновляются разломы, образуются новые локальные структуры. Тектоническая активность наследует древние элементы и проявляется в современном рельефе в северо-восточной направленности основных его элементов, грядовых формах, спрямленных участках и колечатых изгибах рек Хете, Пясины, Дудыпта и др. Потепление климата в среднем голоцене определяет частичную деградацию мерзлых толщ, усиление процессов термокарста с протавнением наиболее льдистых приповерхностных горизонтов мерзлых толщ, образование крупных котловин с несквозными подозерными таликами. Все это приводит к общему уменьшению льдистости в кровле мерзлых толщ.

Глава 12

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ХАТАНГА-ПЯСИНСКОЙ ВПАДИНЫ

12.1. Геологическое строение и состав пород

Хатанга-Пясинская впадина вытянута в северо-восточном направлении и имеет общий наклон на запад. Во впадине выделяют [3, 4] внутреннюю, наиболее погруженную область, и окраинные северную и южную области с пологим поднятием пород к границам впадины. В западной половине и центральной части выделяются Агапский прогиб с Пясинской мульдой и Носковская мульда с центром на Енисее, в восточной половине — Центрально-Таймырский и Богадинско-Жданихинский мегапрогибы, Балахнинский вал и Хатангская седловина. На окраинах впадины расположены Южно-Таймырская моноклинал с Янгодо-Горбитским выступом и Средне-Сибирская моноклинал. Последняя отделяется от Агапского прогиба Рассохинским полувалом и Дудыптинским структурным заливом. Отличительные особенности морфологии крупных и средних структур следующие: 1) четко выраженная вытянутость с запада на восток всех структур западной половины впадины и изометрические и вытянутые формы в восточной ее половине; 2) крутые западные и пологие восточные склоны положительных

структур; 3) уменьшение вверх по разрезу амплитуд структур с одновременным увеличением их площади.

Крупные и средние структуры осложнены локальными структурами, установленное число которых во впадине превышает 120. По времени формирования выделяются унаследованные структуры, рост которых начался в юрское время, и позднеобразованные, в том числе кайнозойские, навешенные структуры, среди которых есть сквозные и погребенные.

Структурный план впадины осложнен глубинными разломами, которые на западе имеют в основном северо-восточное простирание (крупнейшей является Малохетско-Рассохинская мезозойско-кайнозойская зона разлома), а на востоке, в устье Хатанги, — субмеридиональное. Во впадине выявлена густая сеть мелких разрывных нарушений, значительная часть которых связана с глубинными разломами и выражены в современном рельефе. Такие разрывные нарушения имеют северо-восточное, северо-западное и субмеридиональное простирание, последние преобладают к северу от Хатангского залива; на севере эти нарушения идут параллельно Таймырской складчатой зоне, а на юго-западе — огибают выступ Сибирской платформы. Широкое распространение новейших разрывных нарушений и их связь с глубинными разломами свидетельствуют об унаследованной и активной тектонической жизни впадины на новейшем этапе развития. В новейший этап на востоке впадины сформировались диапировые соляные структуры.

Геологический разрез в основании осадочного чехла представлен нижне- и среднекалозойскими галогенной (каменная соль, гипс) и карбонатной (известняки, доломиты) формациями, которые изучены крайне слабо.

Верхнекалозой-триасовый этаж сложен чередующимися пачками аргиллитов и песчаников с прослоями туфопесчаников и туфов. Они имеют максимальные мощности (200—2500 м) во внутренних частях впадины, а к окраинам выклиниваются, залегают на глубинах более 5000 м и лишь на Южно-Таймырской моноклинали поднимаются до 1400 м [3].

Юрско-меловые морские и лагунно-морские, терригенные и терригенно-угленосные формации сложены песками, песчаниками, глинами и аргиллитами с прослоями и включениями гальки и конгломератов; в меловых отложениях имеются углистые сланцы и уголь.

Мощность юрских пород во впадинах составляет 3—5 км (максимальная в Пясинской мульде) и до 2 км на поднятиях. На бортах впадины и в восточном направлении происходят выклинивание и размыв отдельных свит.

Меловые отложения перекрывают юрские и залегают непосредственно под четвертичными. В обрывах многих рек повсеместно и, в первую очередь в бассейне Хатанги, имеются выходы верхнемеловых пород на поверхность. На северо-востоке области меловые отложения слагают некоторые гряды. Мощность этих отложений достигает 3000 м в центре впадины и закономерно сокращается до 1000 м и менее на окраинах впадины.

Для юрских и меловых отложений характерны слоистость, плохая сортировка материала и примесь растительных остатков. Мощность отдельных пачек изменяется от нескольких до 30 м и более. Конгломераты и гравелиты присутствуют в виде линз мощностью до 0,5 м (редко 5—15 м). Опесчаненность пород и содержание гальки закономерно возрастают от центра к окраинам впадины; вверх по разрезу уменьшается количество обломков пород. Цементированность отложений различна: независимо от гранулометрического состава имеются как рыхлые, так и плотносцементированные разности. Цемент глинистый и карбонатный. Состав пород преимущественно кварцево-полевошпатовый со значительной примесью обломков. Глинистые породы повсеместно до глубины 750 м размокают в воде и относятся к глинам. На глубинах 750—2000 м имеются как глины, так и аргиллиты, глубже — только аргиллиты. Максимальная пористость песчаников не превышает 32 %, алевролитов и глин — 20 %. Средняя пористость пород уменьшается от 15—30 % на глубине 900 м до 4—10 % на глубине 2500 м [4]. Другие инженерно-геологические характеристики мезозойских отложений не изучены.

Четвертичные отложения образуют сплошной покров (кроме восточных районов, где имеются выходы пород верхнего мела), в депрессиях рельефа их мощность достигает 250 м. Представлены все отделы четвертичной системы. Генетически они разнородны и представлены морскими, ледниково-морскими, ледниковыми, озерными и аллювиальными типами. Для впадины характерны разнообразное чередование пород перечисленных генетических типов и весьма пестрый литологический состав. Большую роль в отложениях всех генетических типов играют пески, для которых типичны плохая сортировка и наличие прослоев и включений гравия и гальки. Отложения содержат богатую морскую или пресноводную фауну арктического и бореально-арктического типа. Часто в разрезах наблюдается увеличение крупности материала снизу вверх. Генетическая и возрастная оценка отложений недостаточна, а инженерно-геологические свойства остаются практически не изученными.

Нижне- и среднеплейстоценовые отложения залегают ниже уреза рек. Наиболее древняя болготохская толща сложена песчано-алеврито-глинистыми породами с обломочным материалом и вскрыта скважинами к западу от Пясины. Толща расчленяется на пачки, которые рассматриваются как морские, ледниково-морские или перемытая морена. Мощность толщи составляет 25 м. В районе устья Котуйа нижнечетвертичные отложения представлены глинами мощностью 14 м с прослоями песка и морской фауны.

Среднечетвертичные отложения вскрыты в бассейне Хатанги. Это желто-серые глинистые алевролиты с галькой и раковинами моллюсков, которые позволили В. И. Гудиной рассматривать толщу как морскую, синхронную тобольским осадкам Западной Сибири. Толща имеет мощность около 10 м и перекрывается и подстилается суглинками с обломочными материалами, в обнажении име-

ются прослойки песков, некоторые слои которых содержат раковины морских моллюсков.

Верхнеплейстоценовые казанцевские отложения описаны в восточной части впадины в бассейнах Хатанги, Большой Балахны и Новой, где они сложены слоистыми песками, алевроитами и глинами, содержат намывной детрит и раковины морских моллюсков арктических и бореально-арктических видов. Видимая мощность этих отложений не превышает 30 м.

Зырянские отложения представлены на Северо-Сибирской низменности как ледниковыми, водно-ледниковыми, так и морскими осадками. Ледниковые отложения описаны в северо-восточных и центральных районах низменности [1], морские — в бассейне Хатанги, где они образованы слоистыми песками и имеют мощность более 30 м. Водно-ледниковые отложения представлены песками слоистыми, плохо отсортированными со значительной примесью гравия и гальки; озерно-ледниковые — тонкодисперсными разностями.

Каргинские отложения («боярские» слои и др.) развиты на северо-западе и севере низменности (бассейны Енисея, Пясины, Таймыра, Большой Балахны). Это морские мелководные переслаивающиеся глины, алевроиты и пески с линзами галечников. К континентальным каргинским отложениям относятся озерные и озерно-аллювиальные осадки; батысалинская свита мощностью 10 м состоит из переслаивающихся алевроитов и светлых песков.

Сартапские отложения представлены аллювием второй террасы и озерно-аллювиальными разностями (пески, супеси, суглинки). В предгорных районах выделяются ледниковые и водно-ледниковые образования, представленные грубообломочным материалом и песками с галькой [1].

Голоценовые осадки представлены отложениями первой террасы, поймы и современными озерными. Террасы преимущественно аккумулятивные; в разрезе встречены слоистые пески мощностью до 15 м с прослоями алевроитов и суглинков, включениями органики. Озерные отложения — суглинки, алевроиты, тонкие пески и торф.

12.2. Мерзлотные условия

Многолетнемерзлые породы имеют на территории впадины сплошное распространение и залегают на глубине 0,3—1,8 м. Несквозные талики имеются только под реками и озерами, глубина (2—2,5 м) которых превышает мощность ледяного покрова. Большинство мелких озер и рек на мелководьях и перекатах полностью промерзают. Даже под наиболее крупным оз. Таймыр, по-видимому, существует несквозной талик мощностью около 100 м [5]. Сквозной талик имеется только под руслом Енисея и, возможно, Пясины и Хатанги.

Мощность и строение мерзлых толщ впадины изменяются по площади. В целом минимальная мощность отрицательнотемпературной зоны охлаждения возрастает с юго-запада на северо-восток от 300 до 900 м, что определяется многими факторами, в том числе увеличением суровости климата и сокращением продолжительности морских трансгрессий. Мощность ММП, содержащих лед, на западе составляет 200—300 м, а в центре впадины — 300—400; ниже располагается зона с криопэгами. В нижнем течении Хатанги криопэги в зоне разломов выходят на поверхность, где образуют соляные источники (Салабирский, Чарский и др.) хлоридного натриевого состава с минерализацией до 130 г/л [5]. В Приенисейской части впадины, как и в Западной Сибири, установлены двухслойные мерзлые толщ с таликом на глубинах порядка 100—200 м, что Н. С. Шевелева и Л. С. Хомичевская связывают с климатическим оптимумом голоцена и позднеголоценовым похолоданием.

Наибольшие мощности мерзлых толщ соответствуют водораздельным пространствам, в долинах и озерных котловинах они уменьшаются. Так, на пойме Енисея мощность мерзлых толщ составляет всего 50—75 м, а на первой террасе — уже 100—150 м. Зависимость мощности мерзлых пород от тектонического строения, установленная Д. И. Дьяковым на пограничной Малохетской структуре, имеет место и в Хатанга-Пясинской впадине на Суходудинской структуре, где мощности в сводовой части и на крыльях соответственно равны 388 и 450 м. Однако эта закономерность является не повсеместно. Так, Г. Д. Гинсбург установил, что на Рассохинском полуострове влияние литологического состава пород на геотермический градиент оказывается сильнее, и на погруженных участках с максимальной мощностью глинистых отложений рост температур с глубиной происходит быстрее, чем на поднятиях. Этой же причиной он объясняет общее увеличение мощностей мерзлых толщ на северо-востоке впадины. На севере впадины, по данным В. А. Соловьева, мощности мерзлых пород в зависимости от геолого-литологического и структурно-тектонического факторов изменяются от 180 до 530 м (табл. 12.1).

Таблица 12.1

Мощность мерзлой толщи Хатанга-Пясинской впадины

Район	Мощность, м	Источники
Долина Енисея:		НИИГА
низовья	300—450	Г. Д. Гинсбург
устье р. Яковлевка	592	Г. Д. Гинсбург
район Усть-Порта	170—500	Г. Д. Гинсбург,
Бассейн Пясины	440—520	В. Б. Иванова
Бассейн Сухой Дудинки	445—505	В. А. Соловьев
	390—450	

Среднегодовая температура ММП как один из важных параметров инженерно-геологических свойств грунтов определяется положением территории на $69-74^{\circ}$ с. ш. и континентальным типом теплообмена. Фоновые температуры закономерно снижаются в северо-восточном направлении от -6 до -13°C . Местная неоднородность поверхностных условий определяет значительное разнообразие температур в одном районе. Так, в бассейне среднего течения Пясины наиболее низкие температуры ($-9,4...-9,8^{\circ}\text{C}$) отмечаются на малоснежных подразделах (мощность снега $0,15$ см, пятнистая и пятнисто-бугристая тундра) и надпойменных террасах крупных рек; в заснеженных долинах (мощность снега $30-50$ см) температура грунта поднимается ($-4,5...-5,5^{\circ}\text{C}$). Под руслами рек наблюдаются неглубокие талики или высокотемпературные мерзлые породы до глубины 13 м. Пестрота температур грунта на глубине нулевых годовых амплитуд усиливается из-за обилия термокарстовых котловин, часть которых имеет неустойчивый температурный режим. Наибольшие различия местных температур грунта характерны для старшинчковых тундр в южных и юго-западных частях впадины, где снежный покров наиболее мощный, на севере и северо-востоке разница в значениях температуры сглаживается.

О криогенном строении и льдистости различных генетических типов мерзлых толщ имеются лишь отрывочные сведения. Положение впадины в высоких широтах предопределяет возможность широкого развития вблизи поверхности сильнольдистых сингенетических горизонтов, однако неоднократные трансгрессии и возможные оледенения осложняют предполагаемую картину распространения генетических типов мерзлых толщ. По-видимому, на территории господствуют эпигенетические мерзлые толщ, к которым относятся дочетвертичные коренные породы, доказанцевские и таберальные отложения озерных котловин. К сингенетическим горизонтам можно отнести казанцевские и более молодые прибрежно-и лагуно-морские осадки, аллювий первой и второй террас и поймы, озерно-болотные отложения. Максимальная установленная их мощность на южном берегу Хантайского залива составляет более 20 м.

Криогенное строение и льдистость верхних горизонтов мерзлых толщ, очевидно, могут быть охарактеризованы по аналогии с соответствующими горизонтами Западно-Сибирской низменности. При этом необходимо учитывать преобладание в разрезе описываемой впадины песчаных и грубообломочных разностей. В целом о повышенной льдистости приповерхностных отложений можно судить по обилию термокарстовых котловин. В коренных породах лед по трещинам наблюдается, по данным В. А. Соловьева, до глубин 350 м (Суходудинская структура).

В четвертичных отложениях обилие подземного льда неусто-ановленного генезиса отмечается в разрезе водораздельных гряд к северу от рек Дудыпта, Новая и Большая Балахня [1]. Многие исследователи на западе района и в бассейне Хатанги отмечали пластовые льды, имеющие, очевидно, тот же генезис и условия зале-

гания, что и в Западной Сибири. В. А. Соловьевым на западной окраине впадины в районе Усть-Порта описаны пластовые льды с прослоями грунта на глубине до 120 м. В кровле мерзлых толщ широко развиты повторно-жильные льды, мощность которых в сингенетических мерзлых толщах достигает 20 м.

Эпигенетические жилы льда встречаются во многих генетических типах отложений на различных геоморфологических уровнях. Их видимая мощность в бассейне Пясины, по данным Е. Г. Карпова, достигает 6 м, а ширина составляет 2—3 м.

12.3. Современные геологические процессы и явления

Один из распространенных экзогенных процессов — заболачивание поверхности, вызванное ее равнинностью, малым испарением и наличием повсеместного криогенного водоупора. Наиболее заболочены депрессии рельефа между грядами, террасы рек, поймы и термокарстовые котловины. Господствуют травяные и травяно-глиновые полигональные и полигонально-валиковые болота.

Важная роль в формировании инженерно-геологических условий принадлежит термокарсту. По обилию озер впадина называется «озерной равниной». Котловины в основном термокарстовые, обусловленные широким развитием подземного льда (текстурообразующего, повторно-жильного и пластового) вблизи поверхности. Котловины, как правило, целиком заполнены водой. Обычно озера неглубоки, независимо от их размеров. Наиболее глубокие озера (более 6 м) распространены на морских равнинах, где их возникновение связано с вытаяванием пластовых льдов, а также на сингенетических мерзлых толщах в восточной половине впадины.

Морозобойное растрескивание с образованием повторно-жильных льдов не уступает по распространению термокарсту. На поймах и террасах развиты сингенетические льды с максимальной мощностью 20 м, на поверхности им соответствует полигональный трещинный и полигонально-валиковый микрорельеф. На более высоких уровнях повторно-жильные льды преимущественно эпигенетические; как правило, они погребены и проявляются на поверхности, образуя байджарахи, лишь в результате развития термокарста. На песчаных грядах и других положительных элементах рельефа, очевидно, должны формироваться грунтовые и грунтово-ледяные жилы, но они до настоящего времени не описаны.

Пучение, в отличие от описанных выше процессов, в основном проявляется локально, на озерно-аллювиальных равнинах. Бугры пучения типа булгунняхов образуются в днищах промерзающих (спущенных) озерных котловин; имеются как современные растущие формы, так и древние разрушающиеся. Высота булгунняхов достигает 25 м. Они являются типичным элементом ландшафта озерной депрессии к западу и северу от оз. Лабаз, встречаются в заболоченных котловинах в верховьях рек Дудыпта, Боганида и Новая.

Более мелкие бугры пучения высотой до 5 м встречаются вблизи рек на поймах, где они связаны с миграцией русла. Строение бугров пучения не изучено: очевидно, они как и в Западной Сибири, имеют ледяное ядро мощностью до 10 м и более.

Пятнистый микрорельеф характерен для положительных элементов рельефа всей территории впадины, но наиболее он развит на северо-востоке, где в сочетании с другими видами структурных грунтов, является господствующей формой криогенных образований.

Криогенные склоновые процессы и образования несмотря на слабую расчлененность поверхности и малую протяженность склонов развиты относительно широко. В бассейне Пясины описаны пашевидные склоны, гофрированная дернина, быстрые сплывы, ступенчатые склоны и мелкие формы террас. Имеются они и во всех других районах и прежде всего на лишайниковых тундрах.

Эоловые процессы играют значительную роль в формировании инженерно-геологической обстановки в районах, где с поверхности залегают песчаные грунты — главным образом в восточном и северо-восточной частях впадины, но отмечаются и в бассейнах Дудыты, Хеты, Боганиды и других рек. Установленная мощность эоловых песков составляет 8 м. Дюны имеют эллипсоидную или параболическую форму и образованы западными ветрами.

Эрозионные процессы по сравнению с севером Западной Сибири развиты относительно слабо. Впадина отличается незначительной эрозионной расчлененностью, относительные превышения рельефа составляют обычно около 50 м, склоны пологие. Эрозионные и термоэрозионные процессы проявляются лишь вблизи крупных рек.

12.4. Опыт строительства

Хатанга-Пясинская впадина в силу своего географического положения остается одним из наименее освоенных и изученных северных районов СССР. Объем строительства соответственно невелик и не имеет примеров использования и учета всего комплекса инженерно-геологической обстановки. Имеющийся опыт строительства сводится к постройке мелких портовых и жилых сооружений, большая часть которых приурочена к долинам Хатанги, Пясины, Енисея и некоторых других рек. Предстоящее освоение территории впадины должно базироваться на данных, накопленных в интенсивно осваиваемом севере Западной Сибири, наиболее близком по инженерно-геологической обстановке.

Инженерно-геологические условия впадины следует оценивать как весьма сложные из-за сурового климата и наличия сильнольдистых ММП, пластовых льдов и криопэгов, а также повышенной заболоченности поверхности и трудности ее дренажа в условиях плоского рельефа и широкого развития криогенных водопоров.

При техногенном нарушении природного равновесия возможна активизация многих нежелательных инженерно-геологических процессов — увеличение глубины сезонного протаявания, активизация термокарста и термоэрозии по повторно-жильным льдам, усиление заболоченности, подтопление поверхности, развитие эоловых процессов. Поэтому перед освоением территории необходимо проведение опережающих инженерно-геологических исследований и прежде всего геокриологического прогноза изменения природной обстановки. В целом во впадине строительство должно осуществляться по первому принципу (с сохранением многолетнемерзлых грунтов в основании сооружений), с песчаной отсыпкой площади освоения (высота отсыпки может составлять 1—2 м); не рекомендуются грунтовые выемки.

В заключение отметим, что в Хатанга-Пясинской и соседней Анабаро-Ленской впадинах впервые при глубоком бурении на нефть и газ вскрыты газогидраты, извлечение которых из недр является нерешенной инженерно-геологической проблемой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Антропоген Таймыра*. М., Наука, 1982.
2. *Баулин В. В.* Многолетнемерзлые породы нефтегазоносных районов СССР. М., Недра, 1985.
3. *Геология и нефтегазоносность Енисей-Хатангского бассейна*. М., Наука, 1982.
4. *Геология и нефтегазоносность Енисей-Хатангского прогиба*. Л., 1971 (ИИИГА).
5. *Геокриология СССР. Средняя Сибирь*. М., Недра, 1989.
6. *Инженерная геология СССР*. М., Изд-во МГУ, 1977, т. 3.

ВВЕДЕНИЕ

Народнохозяйственное значение региона. Туранская плита занимает территорию от Каспийского моря до Тянь-Шаньских гор. На юге она граничит с Копетдагом и Паропамизом, на северо-западе — с солончаковыми низменностями Прикаспия, на севере сочленяется с предгорьями Урала и Западно-Сибирской плитой, а с северо-востока ограничена Казахским щитом. Равнины Туранской плиты заняты обширными песчаными пустынями Каракумы и Кызылкум, над которыми возвышается каменное плато Устюрт. На севере равнины Турана переходят в Тургайскую столовую страну. Основные особенности Туранской низменности — бессточность и высокая засоленность грунтовых толщ. Это самые сухие районы нашей страны. Среднегодовое количество осадков колеблется от 70 до 200 мм при очень высокой испаряемости. Только на севере Тургайского плато и в предгорьях выпадает 300—400 мм осадков.

Гидрографическая сеть региона развита слабо. Даже основные водные артерии, Амударья и Сырдарья, не доносят полностью свои воды до Аральского моря, так как их разбирают на орошение. Мургаб, Теджен, Зеравшан и Кашкадарья заканчиваются сухими дельтами.

В предгорьях обеспеченность поверхностными водными ресурсами выше, здесь протекают Чирчик, Ахангаран, Арысь, Ассы и другие реки. Некоторые из них (Талас, Санзар, Зааминсу) теряются в своих конусах выноса.

Благодаря рекам на Туранской низменности еще в далеком прошлом зародилось земледелие. В советское время здесь освоены обширные безводные пространства — Голодная, Джизакская и Каршинская степи. Туранская низменность стала индустриально-аграрным регионом с многоотраслевой промышленностью и механизированным сельскохозяйственным производством.

По валовому сбору хлопка регион занимает первое место в стране. Кроме того, выращиваются рис и пшеница. Важными отраслями сельского хозяйства являются садоводство, виноградарство, бахчеводство, овощеводство, шелководство и животноводство. Особое место принадлежит каракулеводству: в Чарджоу и Бухаре находятся единственные в стране заводы по обработке каракуля.

Развитие сельского хозяйства, основанного на поливном земледелии, вызвало интенсивное строительство ирригационных и мел-

ративных систем. Построено множество каналов, крупнейшим из которых является Каракумский канал им. В. И. Ленина. Искусственные водохранилища и озера (Чардаринское, Арнасайское) стали базой для развития рыбного хозяйства.

Туранский регион — крупный нефтегазоносный бассейн. Одним из главных центров добычи нефти стали промыслы Южного Мангышлака. Регион занимает третье место в Советском Союзе по добыче газа. Природный газ, добываемый на месторождениях в пустынях Каракумы и Кызылкум, по газопроводам поступает во многие города Средней Азии, на Урал и в европейскую часть СССР. Газ занимает главное место в топливном балансе (более 70 %) региона. Большинство электростанций в последние годы также работают на природном газе. Важное значение имеют месторождения в пустыне Кызылкум и Амангельдинская группа месторождений Тургая.

Интенсивное развитие в регионе получила разработка месторождений строительного материала. Более 40 % всего сульфата натрия, добываемого в СССР, приходится на Кара-Богаз-Гол, где получают также бишофит.

Крупные города региона (Ташкент, Ашхабад, Чимкент и др.) стали центрами машиностроения. В первую очередь оно обслуживает хлопководство и промышленность, перерабатывающую хлопок. Выпускается также оборудование для легкой и пищевой промышленности, транспортировки нефтепродуктов. Развиваются станкостроение, инструментальная промышленность, транспортное машиностроение. Чимкент является крупным центром металлообрабатывающей промышленности, которая работает на базе Каратауских месторождений цветных металлов. Текстильная, основная отрасль легкой промышленности специализируется по первичной обработке местного сырья — хлопка, шерсти и шелковичных коконов. Повсеместное развитие получила пищевая промышленность. Через территорию региона проходят важнейшие транспортные магистрали, связывающие Среднюю Азию с Сибирью и европейской частью СССР. В восточной части региона находится космодром Байканур.

Интенсивное хозяйственное освоение Туранской плиты — мелиорация земель, увеличение масштабов строительства городов и населенных пунктов, разработка месторождений полезных ископаемых, создание крупных промышленных комплексов и т. д. — привели к значительным изменениям геологической среды. Антропогенное воздействие повлекло за собой активизацию естественных геологических процессов, что существенно осложнило инженерно-геологические условия. Возникли проблемы, связанные с обмелением Арала и антропогенным опустыниванием обширной территории. Широко развиваются процессы вторичного засоления и подтопления городов, обусловленные подъемом уровня грунтовых вод. Актуальны проблемы правильного ведения хозяйства, рационального использования и охраны окружающей среды.

История инженерно-геологических исследований. Планомерные инженерно-геологические исследования территории Туранской плиты начались еще в XIX в.

В 1920-е гг. Туркводхоз и Российский геологический комитет проводили инженерно-геологические работы в связи с проектированием, строительством и эксплуатацией оросительных систем в Ташкентском оазисе и Голодной степи. В 1924—1936 гг. инженерно-геологические исследования проводились под отдельные объекты гражданского и промышленного строительства в городах Ташкент, Ашхабад, Мары, Чарджоу и др. В 1930—1940-е гг. исследованиями, преимущественно проектно-изыскательскими, были затронуты отдельные разрозненные участки.

В период Великой Отечественной войны решались неотложные задачи по инженерно-геологическому обоснованию размещения промышленных предприятий, перебазированных на территорию Средней Азии. В послевоенный период роль инженерной геологии усилилась в связи с интенсивным развитием народного хозяйства. В инженерно-геологической службе выделилось несколько самостоятельных направлений.

Региональные съемочные исследования. Работы этого направления выполнялись прежде всего в районах перспективного освоения.

Региональные работы проводились в 1948 г. Амударьинской группой партий Управления геологии УзССР для создания схемы комплексного использования земельных и водных ресурсов бассейна Амударьи. В 1951 г. начались комплексные крупномасштабные инженерно-геологические и гидрогеологические съемки в связи с проектированием Главного Туркменского канала и мелпоративными мероприятиями на орошаемых и перспективных площадях. В 1953—1954 гг. проводились крупномасштабная съемка в Голодной степи в связи с освоением целинных земель под орошаемое земледелие и инженерно-геологические исследования под строительство Чардаринского водохранилища на Сырдарье. В 1954 г. получены первые инженерно-геологические материалы для обоснования проектного задания на орошение и освоение Джизакской степи и Бухарского оазиса. Тогда же были изучены инженерно-геологические условия предгорной равнины Копетдага и долин Амударьи и Теджена для освоения под орошаемое земледелие. В Киргизии в эти годы с той же целью проводились инженерно-геологические исследования в Чуйской долине.

В конце 1950-х гг. инженерно-геологическое изучение обширных пространств Туранской плиты стало планомерным. С этого времени геолого-гидрогеологические съемочные работы сопровождаются инженерно-геологическими исследованиями. К настоящему времени примерно 98 % площади Туранской плиты покрыто полистной геолого-гидрогеологической съемкой масштаба 1:200 000 с приложением инженерно-геологических карт масштаба 1:500 000. С начала 1960-х гг. на территориях перспективного освоения стали проводиться планомерные инженерно-геологические работы масшта-

ба 1:50 000 для обоснования мелноративного строительства и перспективного орошения земель. К настоящему времени примерно на 90 % площади Приаралья, Хорезмского, Бухарского и Каршинского оазисов, Голодной и Джизакской степей, Приташкентского района Узбекистана, в Туркмении и Киргизии, по долинам Теджена и Мургаба, Предкопетдагской равнины и долине Чу проведена среднемасштабная комплексная инженерно-геологическая съемка. Создание в начале 1960-х гг. крупного района нефтегазодобывающей промышленности на п-ове Мангышлак потребовало комплексного решения ряда проблем, связанных с размещением крупных промышленных объектов, городов, населенных пунктов, инженерных сетей и сооружений. Для изучения инженерно-геологических условий Мангышлака и Устюрта было выполнено инженерно-геологическое картирование территории в масштабе 1:200 000, ставшее основой для составления генеральной схемы районной планировки Мангышлакского промышленного района.

В 1970—1980 гг. в Казахстане, Узбекистане и Туркмении проведены региональные инженерно-геологические исследования по вариантам трасс каналов переброски части стока сибирских рек в бассейн Аральского моря.

Исследования под гражданско-промышленное строительство. Изыскания под отдельные строительные объекты гражданско-промышленного назначения проводились научно-исследовательскими институтами различных ведомств. После Ташкентского землетрясения в 1966 г. был организован ТашГИИТИ, который занимался исследованием территории Ташкента и Ташкентской области для обоснования, восстановления и генеральной реконструкции Ташкентского территориально-промышленного комплекса.

В последующие годы во всех республиках инженерно-геологические условия изучались для обоснования сейсмического микрозонирования городов Янгйюль, Бухара, Тамда, Зарафшан, Ташкент, Ашхабад, Красноводск и Небит-Даг.

Линейные изыскания. Инженерно-геологические изыскания под строительство ЛЭП, каналов, газо-, трубо- и водопроводов, дорог и других линейных объектов проводятся во всех республиках. В 1960—1970-е гг. наиболее крупные работы выполнены по трассе магистрального газопровода Бухара—Урал, Средняя Азия—Центр. Часть трассы на участке Дарьялык—Тулей попала в зону высокоагрессивных грунтов. В 1981 г. были проведены инженерно-геологические изыскания по трассе выноса газопровода Средняя Азия—Центр за пределы этого участка.

В конце 1970-х гг. линейные изыскания выполнены под газопровод Мубарек—Навои и по трассе нефтепровода Чимкент—Ташкент. Большие работы проводятся в среднеазиатских республиках под сельскохозяйственное освоение при строительстве разветвленной ирригационной сети. В последние годы особенно интенсивно изыскания проводятся в Каршинской степи (вторая очередь освоения).

В начале 1980-х гг. проводились работы по прокладке водовода Бухара — Зарафшан и Туямуюн — Нукус — Тахнаташ. Завершаются работы по сооружению четырех сбросных коллекторов и правобережного коллектора вдоль Амударьи. В Ташкенте продолжают начатые в 1967 г. инженерно-геологические изыскания под строительство метрополитена.

Исследования под гидротехнические объекты. Интенсивное сельскохозяйственное и мелиоративно-прригационное освоение земель сопровождается созданием водохранилищ, коллекторно-дренажной сети и различных гидротехнических сооружений на каналах и коллекторах. В Узбекистане в 1950-е гг. изучались инженерно-геологические условия участка строительства Тахнаташского гидроузла, а в 1970—1980-е гг. — Шорсайского, Карабаирского и Калкаминского водохранилищ на Аксу в Каршинской степи и ее предгорьях, Иланчинского и Нарванского — в Джизакской степи. В Центральных Кызылкумах проводились инженерно-геологические исследования в зоне Нижнеингбулакского водохранилища и подводящих каналов. В восточных районах Туркмении в разное время выполнялись исследования для обоснования гидротехнического строительства на Амударье, Мургабе и Теджене. В 1970-е гг. возведено регулирующее сооружение в проливе Кара-Богаз-Гол. Сейчас изыскиваются пути по возрождению залива. Продолжаются стационарные инженерно-геологические исследования по изучению оползней, селей, процессов переработки берегов, трещинообразования, сейсмичности.

Таким образом, к настоящему времени накоплен обширный фактический материал по инженерной геологии Туранской плиты. Свообразным итогом региональных обобщений и научно-исследовательских проработок, проведенных до 1978 г., стало издание седьмого тома монографии «Инженерная геология СССР». Пристальное внимание ученых продолжает приковывать проблема изучения лёссов и лёссовидных пород.

Большое значение для территории Туранской плиты имеют изучение и прогнозирование изменений компонентов геологической среды в связи с орошением и мелиорацией староорошаемых земель. Первоочередной задачей стало изучение техногенных процессов, возникших в связи с мелиоративным и гидротехническим строительством и приведших к вторичному засолению земель, разрушению берегов водохранилищ, осушению Аральского моря и высыханию пролива Кара-Богаз-Гол. В 1980-е гг. издан атлас карт Средней Азии и Южного Казахстана (масштаб 1:1 000 000), в состав которого вошли карты инженерно-геологического районирования и экзогенных процессов.

В 1984—1986 гг. по территории Узбекской ССР были составлены карты масштаба 1:500 000 экзогенных процессов и антропогенной нарушенности гидрогеологических и инженерно-геологических условий, ландшафтно-индикационная, грунтовых вод и мелиоративных условий.

Раздел I

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И РАЙОНИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ТУРАНСКОЙ ПЛИТЫ

Глава 13

ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТУРАНСКОЙ ПЛИТЫ

13.1. Палеозойско-раннекайнозойские этапы развития и их влияние на современные инженерно-геологические условия

Туранская плита — часть Центральноевразийской платформы. Погруженный на различную глубину фундамент перекрыт слабо-дислоцированным платформенным чехлом и представлен двумя структурными ярусами. К нижнему относятся породы, сформировавшиеся на ранних этапах геосинклинального развития: на востоке — в докембрии, раннем палеозое и, частично, силуре; в центре и на западе — в докембрии, раннем и среднем палеозое. Верхний структурный этаж фундамента сформировался в результате орогенеза, последовавшего за собственно геосинклинальным этапом развития. На территории развития каледонид к нему относятся девонские, каменноугольные и пермские отложения, выполняющие своеобразные палочные впадины. В пределах герцинид ему принадлежат каменноугольные и пермь-триасовые отложения. Породы фундамента в пределах Туранской плиты выходят на дневную поверхность в Центральных Кызылкумах и Султануиздаге, Мангышлакском Каратау и Туаркыре. На западе, в Мангышлаке и Туаркыре обнажается орогенный комплекс мощностью до 1200 м в основном терригенных пород красноцветной молассовой формации пермь-триасового возраста (слабометаморфизованные дислоцированные полимиктовые конгломераты, гравелиты, песчаники, алевролиты, аргиллиты).

В обнажениях низких гор Центральных Кызылкумов складчатый фундамент представлен формациями герцинского геосинклинального и орогенного комплексов. Формирование их происходило в разделенных глубинными разломами сложно построенных формационных зонах. Самые древние сильнометаморфизованные породы — амфиболиты; амфиболовые сланцы местами с гранатом, прослоями гнейса, кристаллических сланцев, кварцитов, зеленокаменные измененные вулканиты андезито-базального состава — выделяются в метаморфическую группу формаций докембрийского возраста. Иногда ее верхняя граница поднимается до кровли среднего

ордовика. Выше залегает терригенная серия флишондной формации в основном раннепалеозойского возраста, представленная сланцами, аелвролитами и прослоями кварцитов, доломитов и известняков. Местами она перекрывается вулканогенной формацией верхнего силура, а на большей части территории — карбонатной формацией девона — низов среднего карбона (реже верхнего силура — низов среднего карбона) мощностью 700—2500 м. На уровне середины московского яруса карбонатная формация сменяется вулканогенной, затем сероцветной молассовой, формирование которой завершилось в каменноугольном периоде. В ее строении участвуют полимиктовые конгломераты, гравелиты, песчаники, алевролиты, аргиллиты и известняки, образующие ритмично переслаивающиеся толщи общей мощностью до 5000 м.

Длительная история формирования складчатого фундамента, пережившего геосинклинальный и орогенный этапы развития, определила образование сильнометаморфизованных пород с высокими прочностными показателями. В зонах контакта магматических и осадочных пород они сильно изменены метасоматическими процессами, вдоль разломов раздроблены и частично обводнены. В последующем, особенно в новейшее время, когда породы фундамента были выведены на дневную поверхность, они подверглись существенным преобразованиям физико-химическими процессами выветривания, обусловившими их трещиноватость и закарстованность.

С юрского времени Туранская плита вступает в платформенную стадию развития, которая характеризуется общим погружением территории, постепенным расширением седиментационных бассейнов и накоплением мощных осадочных толщ платформенного чехла, состоящего из трех структурных этажей: юрского, мел-эоценового и новейшего олигоцен-антропогенного.

Юрский этап. В ранне-среднеюрское время осадконакопление происходило в основном в западных районах Туранской плиты. В континентальных условиях при влажном климате формировалась терригенная угленосная формация, представленная песчаниками, конгломератами, глинами, алевролитами, содержащими прослойки углей и углистых глин. Нижняя часть формации имеет ограниченное распространение, приурочена к наиболее погруженным зонам и выделяется А. Г. Бабаевым в угленосную боксито-сидеритовую субформацию. В конце средней юры континентальные условия осадконакопления прерывались морскими, что связано с кратковременными трансгрессиями, наступавшими с юга, со стороны геосинклинальной области Копетдага.

В начале поздней юры площадь морского осадконакопления расширилась. Теплый мелководный келловей-оксфордский морской бассейн покрывал значительную часть Туранской плиты и подступил к центральному району Кызылкумов. На юге и юго-востоке региона формируется карбонатная формация мощностью до 800 м. Севернее, в районах Туаркыра, Мангышлака и Устюрта, ее келловейская часть замещена терригенными отложениями — глинами,

песчаникам и алевролитам. Вдоль восточной краевой зоны келловей-оксфордского моря, береговая линия которого периодически менялась, отлагались терригенные осадки.

В киммеридже и титоне происходят поднятие, обмеление бассейна и сокращение площадей осадконакопления. На юго-востоке Каракумов и на юго-западе Кызылкумов в лагунных условиях формируется мощная (до 800 м) эвапоритовая формация, сложенная известняками, каменными и калийными солями, гипсами и ангидритами. В районе Низменных Каракумов, от Большого Балхана до р. Теджен, а также в широкой полосе, примыкающей с юга к Центрально-Кызылкумским поднятиям, в лагуно-прибрежно-морских условиях образуются карбонатные и хемогенные осадки эвапоритово-карбонатной формации.

В Тургайском прогибе осадконакопление носит локальный характер и приурочено к узким грабенам, заполнявшимся континентальными породами терригенной формации.

В юре началось заложение основных структурных элементов Туранской плиты: Устюртской синеклизы, Мангышлак-Центрально-Устюртской гряды, Туркменской антеклизы, Амударьинской и Восточно-Аральской впадин (рис. 13.1). Система юрских узких грабенов формирует осевую часть Тургайского прогиба. Границами между структурами являются Северо-Мангышлакский, Центрально-Устюртский, Амударьинский, Бухаро-Илякский и Карашор-Донгузский конседиментационные разломы.

Меловой этап. В меловое время происходит расширение площади седиментационных бассейнов. В погружение вовлекаются восточные и северные районы плиты. Это один из основных этапов в формировании инженерно-геологических и гидрогеологических условий Туранской плиты. Отложения мела образуют основную часть платформенного чехла, а их выходы на дневную поверхность, в отличие от юрских пород, занимают значительные площади в Туаркыре, Мангышлаке, Джуссалинском своде, Центральных Кызылкумах, Приташкентских чулях, предгорьях Каратау и Зирабулак-Знаэтдинских гор. В Каракумах и юго-западных районах Кызылкумов песчаные горизонты мела содержат крупные скопления нефти и газа. В центральных и восточных районах Кызылкумов хорошо промытый верхнемеловой водоносный комплекс обеспечивает основные потребности народного хозяйства.

Начало мелового этапа характеризуется господством континентального режима, который на западе на короткое время прерывался лагуно-морским. В несокоме осадконакопление началось в Восточных Кызылкумах, Приаралье и Тургае. Здесь на обширных аллювиально-озерных равнинах при жарком сухом климате формируется терригенная красноцветная формация (100—500 м), сложенная глинами, алевролитами и песчаниками. В пределах Устюрта, Мангышлака, Туаркыра и Низменных Каракумов в разрезе несокомокой красноцветной континентальной толщи появляются прослои доломитизированных известняков и ангидритов. На юге Туранской плиты, примыкающей к геосинклинальной области Ко-

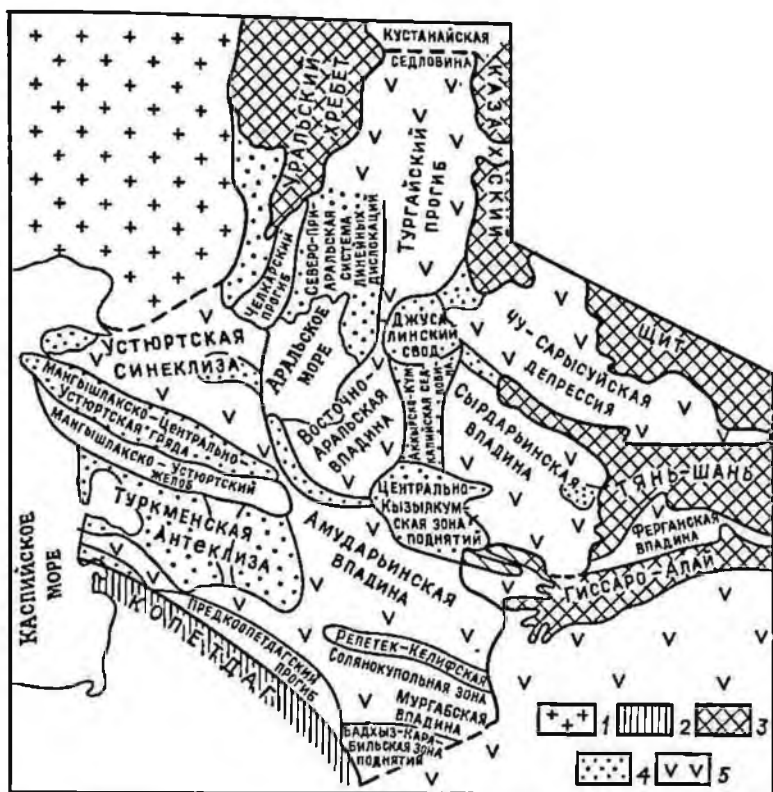


Рис. 13.1. Основные структурные элементы Туранской плиты:

1 — Русская плита; 2 — Альпийская складчатая область; 3 — выходы пород фундамента эпипалеозойской платформы на поверхность; 4, 5 — основные структурные элементы Туранской плиты (4 — положительные, 5 — отрицательные)

петдага, в морских условиях происходит накопление терригенно-карбонатной формации. В апте темп общего погружения увеличился, начались развитие обширной морской трансгрессии и формирование терригенной сероцветной формации. Нижняя граница этой формации на всей территории Туранской плиты приурочена к апту, а верхняя характеризуется значительным возрастным скольжением. В районах Туаркыра, Мангышлака и Устьюрта она проходит по подошве сеномана, в Восточном Заунгузье — по кровле турона, а в восточной части Низменных Каракумов поднимается до сantonа. Представлена формация мощными, неравномерно переслаивающимися песчаными и алевролита-глинистыми толщами. В позднем мелу на фоне общего терригенного осадконакопления местами отмечается образование карбонатных пород, мелоподобных мергелей и известняков (Устьюрт, Южное Приаралье).

Вдоль восточного обрамления Туранской плиты, в Сырдарьин-

ской впадине, которая в меловое время сформировалась как крупная отрицательная структура, развита терригенная пестроцветно-красноцветная формация мощностью 500—600 м. Она образовалась в континентальных условиях, которые в раннем альбе, раннем туроне и сеноне сменялись морскими. Континентальные отложения представлены красноцветными речными и озерными глинами, алевролитами, песками и гравелитами, а морские — сероцветными глинисто-алевролитовыми и тонкозернистыми песчаными породами.

В Тургайском прогибе до конца раннего турона сохраняются континентальные условия. В позднем туроне сюда проникает море, и начинается накопление серых и зеленовато-серых опок и опоконидных глин терригенно-кремнистой формации.

Палеоцен-эоценовый этап. На рубеже мела и палеогена значительная часть Туранской плиты испытывает кратковременный подъем и неглубокий размыв. В палеоцене площади морского осадконакопления постепенно расширяются, и к концу его мелководное открытое море вплотную подступает к восточной окраине Туранской плиты и перекрывает Тургайский прогиб. Эоцен ознаменовался наиболее обширной трансгрессией и наступлением Мирового океана на Евразийский континент. Относительно глубоководное теплое море покрывает равнины Турана, Тургая и Западную Сибирь, через которые устанавливается связь южных морей с Арктическим бассейном. На западе Турана, в пределах Устюрта и Мангышлака, палеоцен-эоцен представлен в основном карбонатными отложениями мощностью 300—400 м. В Каракумах и Кызылкумах палеоцен-эоценовые отложения представлены карбонатно-терригенной формацией, нижняя часть которой образована загипсованными доломитами, мергелями и песчаниками, известняками (50—150 м), а верхняя — мощной толщей (100—400 м) плотных зеленовато-серых глин. Вдоль восточной окраины плиты и в Северном Приаралье карбонатно-глинистые породы расщепляются пачками лесков и песчаников. В пределах Тургайского прогиба палеогеновые морские отложения слагают верхнюю часть разреза терригенно-кремнистой формации, мощность которой в осевой зоне прогиба достигает 600 м. Серые и зеленовато-серые опок и опоконидные глины перекрываются здесь довольно однородными зеленовато-серыми слоистыми глинами саксаульской и чеганской свит. В разрезе встречаются линзы глауконит-кварцевых песков и песчаников.

Своеобразные карбонатно-терригенная и терригенно-кремнистая формации палеоцен-эоцена, выдержанные на огромных пространствах Турана и Тургая, сформировались в период типично платформенного спокойного развития и образуют самостоятельный структурно-формационный комплекс. Лишь в пределах Устюрта и Мангышлака, где в олигоцене продолжалось морское осадконакопление, эти отложения слагают среднюю часть разреза единой карбонатно-терригенной сенон-палеоцен-нижнемiocеновой формации.

Мезозойско-раннекайнозойским этапам геологического разви-

тия принадлежит значительная роль в формировании современных инженерно-геологических условий Туранской плиты.

В это время и сформировались артезианские бассейны. Верхнемеловые и эоцен-палеоценовые формации обнажаются в Туаркыре, Горном Мангышлаке, Центральных Кызылкумах, на значительных пространствах Приаралья и Тургая, в предгорьях Кара-тау и Зирабулак-Зпаэтинских гор, где являются основанием для различных инженерных сооружений. Терригенные и карбонатные породы мел-палеогеновых формаций, как правило, литифицированы и обладают хорошими прочностными свойствами. Однако необходимо учитывать, что среди них встречаются глинны с высокой способностью к набуханию, а верхнемеловые известняки подвержены карстообразованию.

13.2. Новейший (олигоцен-четвертичный) этап развития и его влияние на современные инженерно-геологические условия

Основные подэтапы развития плиты и осадконакопления. Нисходящие слабо дифференцированные тектонические движения, господствовавшие в мелу, палеоцене и эоцене, сменились в олигоцене на восходящие, что ознаменовало начало неотектонической активизации. В новейший (олигоцен-четвертичный) тектонический этап происходит окончательное формирование всех геоструктурных областей современного рельефа. Новейшие тектонические движения привели к распаду единой эпигерцинской платформы на две резко различные по тектоническому режиму геоструктурные области — постплатформенный ороген Тянь-Шаня и Туранскую плиту — и образованию эпигеосинклинального орогена Копетдага на месте геосинклинальных трогов. В горах Средней Азии в новейшее время были сформированы мощные (5—8 км) орогенные молассы (табл. 13.1). По периферии предгорных равнин они сочленяются с морскими и континентальными формациями платформенного типа, практически сплошным чехлом покрывающими равнины Турана и Тургая (табл. 13.2, рис. 13.2). Эти формации образуют верхний структурный этаж платформенного чехла. В нем выделяются три подэтажа: олигоцен-миоценовый, миоцен-плиоценовый и верхнеплиоцен-четвертичный.

Олигоцен-миоценовый подэтаж развит в Каракумах и Кызылкумах и представлен морской терригенной красноцветно-пестроцветной олигоцен-нижнемиоценовой формацией и континентальными средне-верхнемиоценовыми алеврито-глинистыми породами красноцветной формации. Отложения этих формаций сохранились в прогибах, где их мощность достигает 400 м. В Тургае этот подэтаж мощностью 100—230 м объединяет континентальные, в основном глинистые, отложения терригенных лигнитоносной и пестроцветной формаций. Последняя включает нижнеплиоценовую павлодарскую свиту, тесно связанную с образованиями миоцена.

Новейшие формации Тянь Шаня, Копетдага и предгорных областей

Система	Отдел	Подотдел	Регионорус	Тянь-Шань, Предт Тяньшаньская область			Колон-ка
				Колон-ка	Формации	Возраст; свита; генезис; состав	
Неоген	Мiocен	Верхний	Апшерон		Молассовая буроватая (500—3000 м)	N_1^1 ; аллювиально-пролювиальные бурые крупногалечные конгломераты, гравелиты, песчаники; внизу — глины, алевролиты	
			Акчагыл				
			Киммерий				
		Средний	Понт		Залпартская (терригенно-хемогенная) сероватая (1000—3500 м)	$N_1^1 - N_1^2$; серафимовская, джелдысуйская, обчакская и другие свиты; озерные сероватые и пестроцветные глины, алевролиты, соли, гипсы; по окраине орогена бледно-розовые карбонатные коры выветривания	
			Мзотис				
		Верхний	Сармат		Молассовая красноцветная (100—1000 м)	$P_2 - N_1^1$; киргизская, кокомаренская, бижинская (Восточно-Чуйская, Кочкорская и Нарынская впадины), сумсарская и майлисая (Ферганская впадина) свиты; вверху — аллювиально-пролювиальные красно-бурые конгломераты, песчаники, алевролиты, внизу — континентальные (в Фергане — морские) ярко-красные глины, алевролиты, гравийные песчаники	
			Конка				
			Кыраган				
		Средний	Чокрак				
			Тархан				
			Коцахур				
			Сакарзул				
			Кавказ				
	Олигоцен	Верхний					
Палеоген	Олигоцен	Верхний					

Таблица 13.1.

Восточный Копетдаг		Западный Копетдаг, Предкопетдагский прогиб			
Формация	Возраст; свита; генезис; состав	Колонка	Формация	Возраст; свита; генезис; состав	
Молассовая бурозеленая (500—1300 м)	N_2^1 ; кешининбаирская свита; аллювиально-пролювиальные буровато-серые конгломераты, песчаники, алевролиты		Корбанатно-терригенная сероцветная	N_2^1 ; апшерон; серые пески, песчаники, глины, мергели, известняки	
	$N_1^1 - N_2^2$; казганчайская свита; аллювиально-пролювиальные красно-бурые и бурые конгломераты, песчаники, алевролиты			N_2^2 ; акчагыл; зеленовато-серые пески, песчаники, глины, мергели, известняки	
Молассовая красноцветная (100—300 м)	N_1^{1-3} ; карагауданская свита; пролювиальные кирпично-красные грубые алевролиты, песчаники, конгломераты		Корбанатно-терригенная пестроцветная (500—800 м)	N_2^1 ; сармат; серые известняки, мергели, глины	
				N_2^2 ; конка; серые глины, алевролиты, песчаники	
				N_2^3 ; караган; серые мергели, песчаники, глины	
				N_2^4 ; чокрак; серые пески, песчаники, глины, мергели	
				N_2^5 ; тархан; зеленовато-серые глины и песчаники	
				N_2^6 ; коцахур; зеленовато-серые и бурые песчаники, глины	
Терригенная красноцветно-пестроцветная (30-50 м)	$P_3 - N_1^1$; актепинская свита; прибрежно-морские белые кварцевые пески, красноцветно-пестроцветные глины			N_1^1 ; сакараул; темно-серые и бурые глины	
				N_1^2 ; кавказ; красноцветные глины, алевролиты	

Нижнейшие формации Турванской плиты

Система		Отдел		Подотдел		Регионарус		Устьорт, Мангышлак			Приаралье,	
								Колон-ка	Форма-ция	Возраст; свита; генезис; состав	Колон-ка	Формация
Неоген	Плиоцен	Верхний	Апше-рон		(30—80 м)				N ₂ ¹ ; озерно-пролю-виальные глины, алевролиты, пески (развиты во впадинах)		Терригенная сероцветная (20—600 м)	
			Ачка-гыл									Терригенная буроватая (30—600 м)
		Сред-ний	Ким-мерий		(20—40 м)							
			Понт									
		Мiocen	Верхний	Мзотис		Карбонатно-терригенная пестроцветная (100—400 м)				N ₁ ¹ - N ₂ ¹ ; сверху — морские белые и серые известняки, ракушнякаи, мергели, подчиненные глины, пески, песчаники; внизу — морские и при-брежно-морские пестроцветные известковые глины, алевролиты, пески, песчаники		Терригенная красноватая (50—250 м)
				Сармат								
	Конка											
	Кара-ган											
	Оligocen	Средний	Чокрак		Карбонатно-терригенная (300—700 м)							Терригенная красноцветно-пестроцветная (80—120 м)
			Тархан									
			Коц-кур									
		Нижний	Сака-раул									
Кавкал												
Верх-ний												

Таблица 13 2.

Каракумы, Кызылкум, Бадхыз, Карабиль	Тургай		
Возраст; свита; генезис; состав	Колон-ка	Форма-ция	Возраст; свита; генезис; состав
N_2^1 ; барсуковская, заирская, атыныколь-ская, ергашкудукская, садыаарская, ташкы-рская, репетекская свиты; озерно-аллювиальные песчаники, глины, мергели		Терригенная сероцветная (30—60 м)	$N_2^1 - Q_1$; жуншиликская свита; аллювиальные и озерные глины, суглинки (30 м)
N_2^2 ; заунгузская, денгизкульская, саятская, кашанская свиты; озерно-аллювиальные коричневато-бурые пески, песчаники; внизу — глины и алевролиты			N_2^2 ; кустанайская свита; аллювиальные и озерные глины, пески, гравелиты, гел-ленники (20—30 м)
N_1^{2-3} ; агитминская (Кызылкум), сагад-жинская (Каракумы) свиты; пролювиально-такырные и озерные кирпично-красные алевролиты и алевролитовые глины с карбонатными журавчиками		Терригенная пестроцветная (50—110 м)	N_1^1 ; павлодарская свита; пролювиальные глины красно-бурые (10—40 м)
			N_1^{2-3} свита турме; озерные глины буровато-зеленые, восковидные с железисто-марганцевыми "дробинами", стяжениями мергеля и гипса (20—30 м)
$P_3 - N_1^1$; сарбатырская (Кызылкум) свита; морские и прибрежно-морские неравномерно переслаивающиеся красноцветные и пестроцветные глины, алевролиты и песчаники		Терригенная лигнитос-ная пестроцветная (80—120 м)	N_1^{1-2} ; жипанчикские (соленос-ные) озерные глины светло-зеленые, зеленовато-серые, плотные жирные, неслоистые, с кушукскими слоями в основании (10—20 м)
			$P_3 - N_1^1$; уркимбайская, чалкар-нуринская, сарынская, кайда-гульская и терсекская свиты; аллювиальные озерные пестро-цветные глины, алевролиты, угли, лигниты, белые кварцевые пески, гравелиты

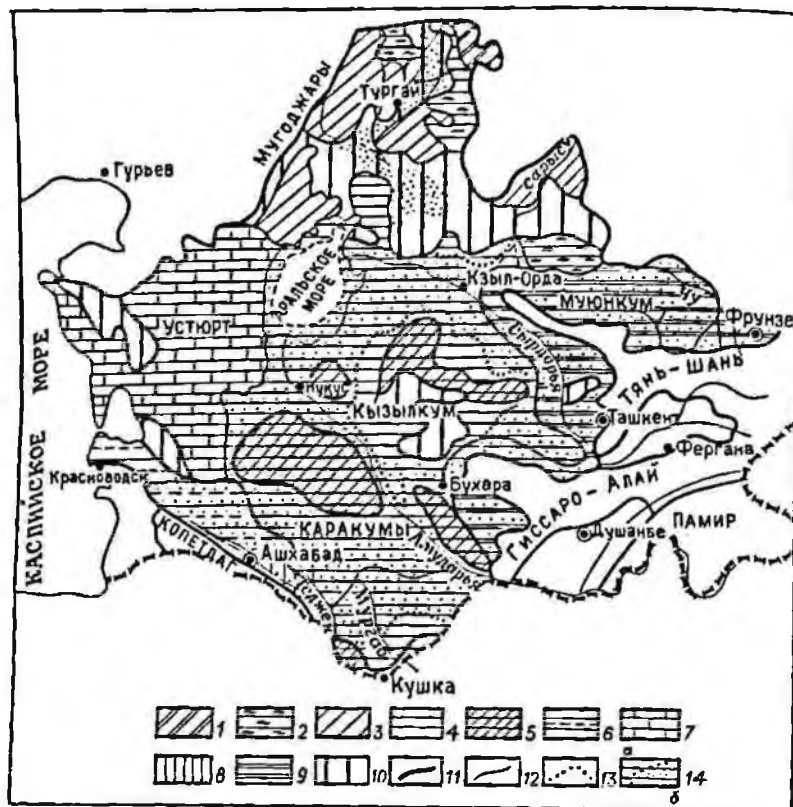


Рис. 13.2. Схема распространения новейших формаций Туранской плиты:

1—3 — Туркменское плато (1 — терригенная сероцветная, N_1^1 — Q_1 ; 2 — терригенная пестроцветная, N_1^1 — N_2^1 ; 3 — терригенная лингвинитовая пестроцветная, P_2 — N_1^1); 4, 5 — Кызылкум и Каракумы (4 — терригенная сероцветная, N_2^1 ; 5 — терригенная буроцветная, N_1^1); 6, 7 — Устьюрт, Мангышлак, Красноводский и оз. Западный Копетдаг и прилегающая часть Предкопетдагского прогиба (6 — карбонатно-терригенная сероцветная, N_1^1 — N_2^1); 8 — Восточный Копетдаг (молассовая буроцветная, N_2^1 — N_3^1); 9, 10 — Тянь-Шань и Предгитаньшаньская область (9 — молассовая буроцветная, N_2^1 ; 10 — мезозойско-раннекайнозойские (допретейские) формации, J — K — P_2); 11—13 — границы (11 — Туранской плиты и зоны ее сочленения с орогенами, 12 — формаций, 13 — распространения четвертичных отложений, снятых с карты); 14 — формация, слагающая днешнюю поверхность (золыно пески сняты) (а) и перекрытая аллювиальными и пролювиальными четвертичными отложениями (б)

Мноцен-плиоценовый подэтаж представлен морскими карбонатно-терригенными отложениями коцахур-понта мощностью 100—400 м. Верхнеплиоцен-четвертичный подэтаж сложен серией терригенных буроцветных и сероцветных континентальных формаций, а на крайнем юго-западе — морскими карбонатными и терригенными породами акчагыла и апшерона. Венчается он различными по генезису и составу отложениями четвертичного возраста. Верхнеплиоцен-четвертичные отложения (мощность до 1200 м) несо-

гласно залегают на всех более древних горизонтах и практически сплошным чехлом покрывают Каракумы, Кызылкумы и Арало-Тургайские равнины.

Основные особенности новейшего этапа развития отражены на рис. 13.3. В новейшем этапе выделяются два подэтапа: олигоцен-неогеновый и четвертичный.

Олигоцен-неогеновый подэтап. Олигоцен — ранний миоцен. Рубеж эоцена и олигоцена ознаменовался активизацией неотектонических движений. Морской режим осадконакопления сохраняется лишь на западе Туранской плиты, где в пределах Устюрта и Мангышлака в раннем олигоцене в условиях интенсивного погружения формируется мощная толща (200—300 м) зеленовато-серых глин.

Со второй половины раннего олигоцена море начинает наступать на Каракумо-Кызылкумскую часть области. С развитием олигоценовой трансгрессии и последующим значительным расширением ее в раннем миоцене, когда морские воды вновь вплотную подступили к передовым хребтам Гиссаро-Алая, связано формирование на юго-востоке Турана качественно новой мелководной терригенной красноцветно-пестроцветной формации, представленной глинисто-песчанистыми отложениями сарбатарской и мервской свит мощностью 100—150 м. На юге Средней Азии в олигоцене — раннем миоцене начинается инверсия геосинклинали. На месте Передовой антиклинальной зоны Колетдага возникает цепь островных поднятий, обширных отмелей и пляжей (актепинские кварцевые пески).

По обрамлению Тянь-Шаня и Гиссаро-Алая формируются глины и алевролиты с линзами грубообломочных и песчаных пород, слагающие нижнюю часть разреза красноводской молассовой формации.

Совершенно иная палеогеографическая обстановка существовала в пределах Арало-Тургайских равнин. Здесь после регрессии чеганского моря образовалась серия гумидных и аридных континентальных формаций. В олигоцене и первой половине раннего миоцена в Тургае широкое развитие получают ландшафты низменных аллювиально-озерных заболоченных равнин. Угленосные и глинисто-песчаные отложения этого времени образуют терригенную лигнитоносную формацию мощностью 80—170 м. В центральной части Тургай нижней часть разреза этой формации представлена существенно песчаными толщами уркимбайской и челкарнуринской свит. В восточной части Тургай, тяготеющей к Казахскому нагорью, им соответствуют красно-бурые и буро-желтые глины и алевролиты с линзами косослоистых песков сарыинской свиты. С дальнейшим потеплением и увлажнением климата было связано развитие листопадных хвойно-широколистных лесов тургайского типа. В конце олигоцена и начале миоцена в слабoproточных и застойных озерно-болотных водоемах центральной части Тургай образуются серые и белые каолиновые глины, бурые угли и лиг-

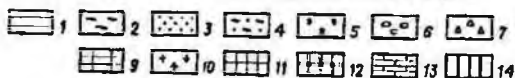
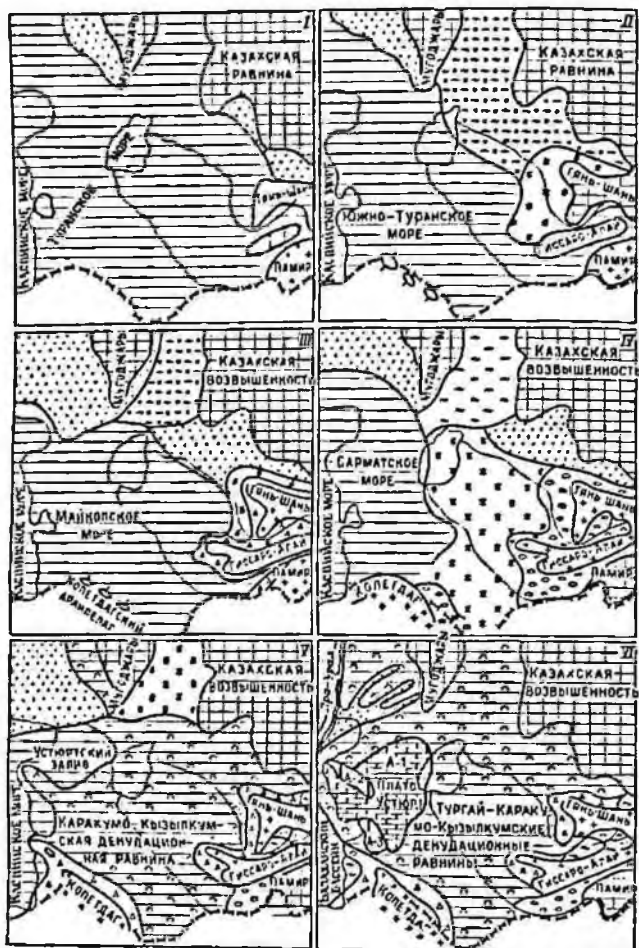
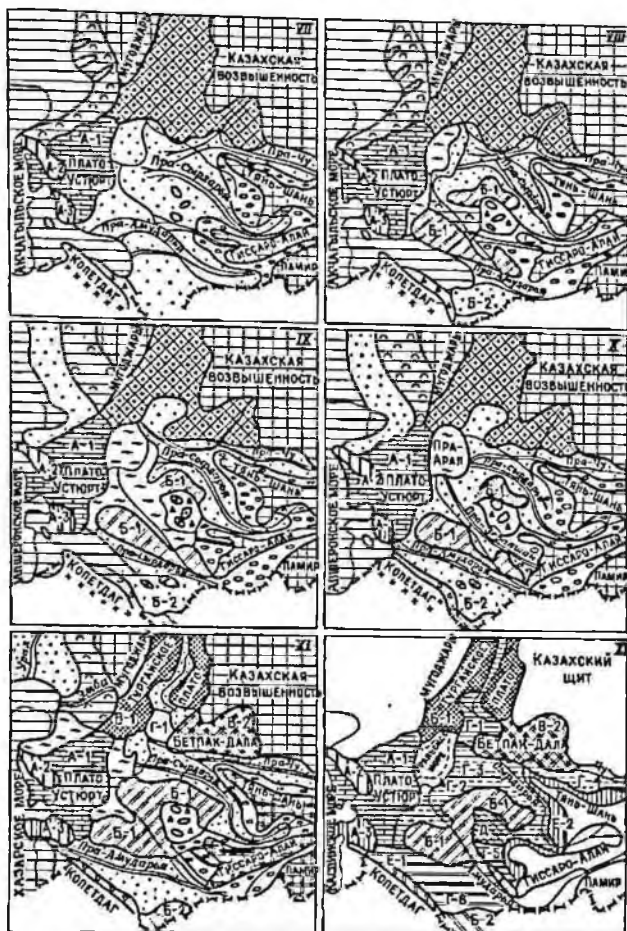


Рис. 13.3. Палеогеография кайнозона и история формирования покровных толщ и рельефа Туранской плиты;

I — эоцен, P_1 ; II — олигоцен, P_2 ; III — ранний миоцен, N_1 ; IV — сармат, N_2 ; V — понт, N_3 ; VI — средний миоцен, N_4 ; VII — средний акчагыл, N_5 ; VIII — поздний акчагыл, N_6 ; IX — апшерон, N_7 ; X — конец апшерона, N_8 ; XI — средний плейстоцен, Q_1 ; XII — голоцен, Q_2 . 1—12 — палеогеографические обстановки (1 — моря, 2 — озерно-морские бассейны и крупные озера, 3 — аллювиальные и озерно-аллювиальные равнины, 4 — аллювиально-озерные равнины, 5 — пролювиально-тапирные равнины, 6, 7 — пологие наклонные равнины аллювиально-пролювиальные (6) и пролювиальные (7), 8 — денудационные равнины, 9 — нагорья, равнины холмистые возвышенные, 10—12 — горы низкие 1500—1000 м, низкие и средние (1000—2000 м), высокие (более 2000 м) соответственно); 13—20 — области с различным геолого-геоморфологическим строением (13 — структурно-денудационные плато Устюрт и Мангышлак, бронированные известняками и мергелями сармат-понта, 14, 15 — выходы палеозойских и мезозойско-кайнозойских отложений, образующих низкотеррасы Мангышлака (14) и холмистые Таракы (15), 16 — денудационно-аккумулятивные



равнины, 17 — Заунгузско-Кызылкумские верхнеплиоценовые слабо приподнятые пластово-денудационные песчаные равнины и столово-остановочные плато, 18 — Бадкхы-Карабилийские верхнеплиоценовые возвышенные пластово-денудационные песчаные равнины, 19—20 — плиоцен-плейстоценовые приподнятые пластово- и структурно-денудационные глинисто-песчаные и суглинистые равнины и плато Тургайское (19) и Джусалы-Бетпак-Далинское (20); 21—25 — четвертичные аллювиально-дельтовые песчано-суглинистые равнины Тургай-Припаральские (21), Аму-Сырдарьинские (22), Чу-Сарысулские (23), Кашкадарья-Зеравшанские (24) и Южно-Каракумские (25); 26 — Центрально-Кызылкумские палеозойские низкотеррасы, обрамленные четвертичными денудационно-аккумулятивными песчано-щебнистыми равнинами; 27, 28 — четвертичные подгорные пролювиальные и аллювиально-пролювиальные щебнисто-галечные и лесовые равнины Предкопетдагская (27) и Претянь-шаньская (28). Индексы областей с различным геологическим строением и рельефом: А-1 — Мангышлак-Устьюртская; А-2 — Мангышлакская; А-3 — Туркыр-Красноводская; Б-1 — Заунгузско-Кызылкумская; Б-2 — Бадкхы-Карабилийская; В-1 — Тургай-Чограпская; В-2 — Джусалы-Бетпак-Далинская; Г-1 — Тургай-Припаральская; Г-2 — Новоаральская; Г-3 — Аму-Сырдарьинская; Г-4 — Чу-Сарысулская; Г-5 — Кашкадарья-Зеравшанская; Г-6 — Южно-Каракумская; Д — Центрально-Кызылкумская; Е-1 — Предкопетдагская; Е-2 — Претянь-шаньская

ниты кайдагульской свиты. По обрамлению Казахского шита в восточной прибрежной зоне Тургайского прогиба формируются делювиально-пролювиальные пестроцветные каолиновые глины, кварцевые пески и гравийники терсекской свиты. Кайдагульская и терсекская свиты, венчающие разрез терригенной лигнитонской формации, отвечают единому этапу осадконакопления и являются одновозрастными.

Конец раннего — поздний миоцен. На рубеже сакраула и коцахура вся среднеазиатская часть Туранской плиты испытала подъем и освободилась от моря.

Анализ распространения мощностей и фаций средне-верхнемиоценовых отложений указывает на то, что в это время заметно активизировались Тахтакаир-Султануздагский и Кошуйско-Восгочно-Унгузский валы и осложняющие их региональные разломы, разделявшие среднеазиатскую часть Туранской плиты на две области — западную и восточную. Устюрт и Каракумы, расположенные к западу от этой субмеридиональной системы структур, в среднем и позднем миоцене были областью преимущественного погружения и морского осадконакопления (см. рис. 13.3). Отложения этого возраста образуют здесь карбонатно-терригенную формацию мощностью 100—400 м. На крайнем западе сармат перекрыт маломощной толщей (20—30 м) карбонатных пород мезотиса и понта, которые входят в состав этой формации. Обширные равнинные пространства Северного Приаралья, Тургая, Кызылкумов и Юго-Восточных Каракумов, расположенные к востоку от береговой линии миоценовых морей, представляли собой субэвральные аккумулятивные равнины, с юга и востока обрамленные низкими горами.

Со среднего миоцена отмечается усиление воздымания горных сооружений Средней Азии, отразившееся в разрезе красноцветных моласс нижнетянь-шаньской серии в предорогенных прогибах. В Кызылкумах и Юго-Восточных Каракумах континентальные отложения среднего — верхнего миоцена образуют терригенную красноцветную формацию мощностью 50—250 м, представляющую монотонной толщей красно-бурых алевроитовых глин агитмылской (чинлийской) свиты. В районе Хорезма и Заунгузских Каракумов эти глины фациально замещаются морскими образованиями среднего миоцена и сармата [20]. Таким образом, в миоцене Кызылкумы и Юго-Восточные Каракумы представляли собой глинистые пустыни и полупустыни, прилегающие к морям Восточного Паратиса. Тургай вплоть до конца миоцена оставался озерно-степным краем с островами листопадных лесов. Со второй половины раннего миоцена здесь в условиях слабо дренируемой озерной равнины формируются красно-пятнистые и зелено-серые монтмориллонит-гидрослюдистые глины (10—20 м), обычно выделяемые под названием жилинчикских соленосных глин. В среднем миоцене после предельного выравнивания рельефа в условиях умеренного аридного климата в многочисленных временах усыхающих озе-

рах накапливаются серо-зеленые восковидные монтмориллонитовые глины свиты турме (30—50 м).

Конец миоцена — средний плиоцен. Конец миоцена — начало плиоцена (6,5—5 млн. лет назад) представляет собой один из важнейших переломных моментов в кайнозое [3]. С ним связаны аридизация и иссушение климата, имевшие глобальный характер. Наиболее важные события этого времени — падение на 70 м уровня Мирового океана и образование в Средиземном море мессинской эвапоритовой формации, получившее название мессинского «кризиса солености». В Средней Азии резкая аридизация климата охватывает не только конец миоцена, но и ранний — средний плиоцен.

В Тянь-Шане в позднем миоцене (мэотисе) — среднем плиоцене формируется соляно-гипсовая эвапоритовая формация. На равнинах Туранской плиты в это время прекращается осадконакопление и рельеф их испытывает длительное денудационное преобразование, приведшее к обособлению Мангышлака и Устюрта. Зона полупустынь продвигается далеко на север, и в Тургае формируются красноцветные глины павлодарской свиты, отвечающие пику аридизации этих широт [6, 10]. Развитие территории Средней Азии происходит в обстановке общей стабилизации и затухания тектонической активности в пределах как Туранской плиты, так и постплатформенного орогена Тянь-Шаня. Лишь Копетдаг в это время продолжает неуклонное воздымание и разрастание по площади.

В отличие от Копетдага Тянь-Шань и Гиссаро-Алай в конце миоцена вступают в стадию относительного тектонического покоя, охватывающего и ранний — средний плиоцен. Об этом свидетельствует постепенная смена красноцветных моласс вверх по разрезу более тонкой озерной соляно-гипсовой эвапоритовой формацией, выделенной Б. И. Линхасовым в самостоятельную среднетяньшанскую серию (мэотис—киммерий). Образование ее происходило в условиях изоляции впадин, занятых бессточными озерами.

Пенепленизация орогена и его относительный тектонический покой, локализация осадконакопления в межгорных впадинах и неширокой предороженной зоне, резкая аридизация и иссушение климата привели к прекращению выноса седиментационного материала из областей сноса на равнины Туранской плиты. Эти факторы были благоприятны для широкого развития здесь денудационных процессов, сформировавших обширные денудационные равнины, в последующем погребенные под верхнеплиоценовыми отложениями. Лишь в Тургае в это время продолжается осадконакопление и формируются красно-бурые монтмориллонитовые глины павлодарской свиты (10—40 м). Избирательной денудацией в среднем плиоцене были впервые выработаны чинки (обрывистые края плато), и Устюрт получил свое морфологическое выражение как пластовая равнина, возвышающаяся над окружающей территорией. Расположенные к югу и северо-востоку от Мангышлака и Устюрта Каракумы, Кызылкум, Приаралье и Тургай представля-

ли собой денудационные равнины, сложенные разными по возрасту (от палеозоя до миоцена) и составу породами.

Поздний плиоцен. Это время стало переломным моментом в истории развития равнины Турана и сочлененных с ними горных сооружений. К основным событиям этого времени можно отнести акчагыльскую и аншеронскую трансгрессии Каспийского бассейна, водами которого покрылись значительные пространства юго-запада Туранской плиты, интенсивное воздымание и увеличение площади Колетдага, Гиссаро-Алая и Тянь-Шаня и общее для всего юга СССР похолодание и увлажнение климата. Акчагыльское похолодание, сменившее сухой и жаркий климат, предопределило развитие мощного речного стока. Позднеплиоценовое воздымание горных сооружений Средней Азии, активизация воздымания Казахского щита и Урала и интенсивный их размыв привели к выносу на прилегающие равнины Турана и Тургая громадной массы обломочного материала, которым сложена верхняя часть разреза платформенного чехла Туранской плиты.

С акчагыла межгорные и предгорные впадины Тянь-Шаня и Гиссаро-Алая начинают заполняться буроцветными молассами (500—3000 м) верхнетянь-шаньской серии. В начале позднего плиоцена зарождаются и в дальнейшем уже постоянно действуют все крупные предгорные реки: палео-Чу, палео-Арысь, палео-Келес, палео-Чирчик, палео-Ангрен, палео-Зеравшан, палео-Кашкадарья, палео-Теджен и палео-Мургаб. Выходят на равнины Турана две главные реки Средней Азии — предшественницы современных Амударьи и Сырдарьи. С началом деятельности палео-Сырдарьи и палео-Амударьи связано накопление в Кызылкумах и Каракумах толщ желто-бурых полевошлатово-кварцевых песков и песчаников деңгизкульской и заунгузской свит, отнесенных к терригенной буроцветной формации (300—600 м). В Тургае в первой половине позднего плиоцена происходят заложение гидрографической сети и накопление аллювиальных отложений кустанайской свиты (20—30 м).

Началу следующего седиментационного цикла и образованию терригенной сероцветной формации, венчающей разрез плиоцена, предшествовало кратковременное, но глубокое эрозионное расчленение равнины Туранской плиты, во многом предопределившее их современный геоморфологический облик. На рубеже среднего и позднего акчагыла оформляется в основных чертах рельеф впадины, ныне занятой Аральским морем, и всей Арало-Сарыкамышской низменности. Впадина возникла в результате возобновившегося погружения Восточно-Аральской депрессии и активного развития экзогенных рельефообразующих процессов, среди которых ведущая роль принадлежала дефляции [20]. В это же время в Северном и Южном Приаралье, Кызылкумах и Заунгузских Каракумах (Узбойский коридор) палеореками был выработан глубоко расчлененный (50—150 м) эрозионный рельеф, контролирующий развитие последующих седиментационных бассейнов. Впервые были обособлены и получили геоморфологическое выражение в релье-

ефе Денгизкульское и Заунгузское плато, Северо-Султануздагская и Северо-Букантауская (Северо-Кызылкумская) равнины. Эти плато и равнины образуют верхний уровень второго (после Устюрта) яруса рельефа Туранской плиты с абсолютными отметками 120—240 м, реже 300—320 м.

К рубежу среднего и позднего акчагыла следует отнести и начало формирования эрозионно-тектонической долины палео-Амударьи, известной в геологической литературе под названием Ербентского эрозионного вреза, который, по мнению некоторых исследователей, образовался в более раннее среднеплиоценовое время.

Поздний акчагыл — апшерон. На западе Каракумов в это время продолжается формирование морской карбонатно-терригенной формации (300—500 м), а в Юго-Восточных Каракумах, Приаралье и Кызылкумах образуется комплекс озерно-морских и аллювиальных отложений, которые можно объединить в сероцветную терригенную формацию (50—600 м). Аллювий этой формации, представленный в основном серыми слюдистыми полимиктовыми песками, существенно отличается от желто-бурых полевошпатово-кварцевых песков и песчаников заунгузской и денгизкульской свит.

В конце акчагыла воды Туркменского морского залива покрывали Красноводский п-ов, Чильмамедкумы и Низменные Каракумы до меридиана г. Байрам-Али, а на севере проникали в Верхнеузбойский коридор. В позднем акчагыле происходит первое наиболее крупное обводнение впадины Арала, где образуется Заирский озерно-морской бассейн, в котором обитали акчагыльские мактриды и потамидиды [20].

Раннеапшеронский бассейн был значительно меньше позднеакчагыльского и занимал лишь крайний запад Туркмении. Среднеапшеронское время ознаменовалось трансгрессией, вторжением морских вод в Низменные Каракумы, а на севере через Узбой и Саракмыш — в Приаралье и Западные Кызылкумы, где возникла система обширных полуизолированных водоемов озерно-морского типа (см. рис. 13.3). В позднем апшероне Западные Кызылкумы превращаются в субаральную аккумулятивную равнину и покрываются гравийно-песчаными отложениями ташакырской свиты (10—30 м), представляющей собой аллювий палео-Зеравшана. Юго-Восточные Каракумы и Восточные Кызылкумы на протяжении всего позднего акчагыла и апшерона формировались под воздействием палео-Амударьи и палео-Сырдарьи.

В Юго-Восточных Каракумах древний аллювий Амударьи представлен серыми мелкозернистыми слюдистыми полимиктовыми песками с подчиненным развитием глин и алевролитов репетекской свиты (100—800 м). Аналогичное строение имеет и аллювий палео-Амударьи, широко развитый в Восточных Кызылкумах [5].

На Красноводском п-ове, северных склонах Бадхыза и Карабиля, в Кызылкумах, Чильмамедкумах и Приаралье морские отложения апшерона и их континентальные аналоги образуют нижний

уровень второго яруса рельефа Туранской плиты. Формирование всех последующих толщ происходило на более низких гипсометрических отметках, образующих третий и четвертый ярусы рельефа, рельефа.

В Тургае верхнеплиоценовому ярусу рельефа Кызылкумов и Каракумов соответствует наиболее высокая водораздельная поверхность междуречий, сложенная отложениями жуписиликской свиты.

Четвертичный подэтап. В плейстоцене и голоцене завершается формирование инженерно-геологических условий Туранской плиты. В это время сформировались рельеф, подземные воды и довольно мощный (20—300 м) покров четвертичных отложений, являющиеся основными объектами хозяйственного освоения.

Климат Турана на протяжении всего четвертичного времени оставался аридным, а расположение природных зон было близким к современному. Четвертичные отложения представлены различными генетическими типами, среди которых доминируют аллювиальные, пролювиальные и эоловые.

Ранний—средний плейстоцен. Рубеж плиоцена и плейстоцена ознаменовался сильным (1—1,5 км) воздыманием горных сооружений Тянь-Шаня и Гиссаро-Алая и формированием их высокогорного рельефа.

В раннем плейстоцене вблизи гор образуются серые крепко сцементированные конгломераты, ныне слагающие верхние ступени предгорий. В среднечетвертичное время на подгорных равнинах формируются грубообломочные и песчано-суглинистые аллювиально-пролювиальные отложения, а вдоль западного окончания Таласс-Чаткало-Кураминской и Зеравшано-Гиссарской системы хребтов — обширные покровы (60—80 км) пролювиальных лёссов.

На равнинах Туранской плиты областями ранне-среднеплейстоценовой аккумуляции были аллювиальные равнины пра-Амударьи, пра-Сырдарьи, пра-Чу и древние субэральные дельты Теджена, Мургаба, Зеравшана и Кашкадарьи. Пра-Амударья стекала по Низменным Каракумам и впадала в бакийское, а затем хазарское море. Пра-Сырдарья протекала по Восточным Кызылкумам и, очевидно, достигала впадины Арала. Большая часть последней была осушена, а наиболее пониженные участки были покрыты разбросанными озерами. Равнина пра-Чу занимала Мууюнкум. Отложения этих транзитных рек, представленные в основном серыми слюдистыми полимиктовыми песками мощностью до 300 м, одновозрастные гравийно-песчаные отложения Зеравшана и Кашкадарьи и песчано-суглинистые наносы древних субэральных дельт Теджена и Мургаба образуют аллювиальный стратиграфо-генетический комплекс (Q₁₋₂). В начале позднего плейстоцена Амударья поворачивает на север к Аральскому морю. На покинутых ее водами обширных пространствах Низменных Каракумов образуется новая эоловая пустыня. Молодые пустыни возникают в Восточных Кызылкумах и Мууюнкумах в результате резкого смещения Сырдарьи и Чу к востоку. Так завершается формирование грандиоз-

ных песчаных пустынь Каракумы и Кызылкум, наиболее приподнятые уровни которых возникли уже в конце акчагыла и в апшероне.

В отличие от Турана Тургай до среднего плейстоцена оставался нерасчлененной страной. Общее поднятие территории Тургайского прогиба в начале среднего плейстоцена приводит к расчленению исходной первично аккумулятивной жунглинской поверхности в образование третьей террасы, фиксирующей начало заложения современной гидрографической сети. Во второй половине среднечетвертичной эпохи формируются сквозная Тургайская ложбина и вторая надпойменная терраса больших и малых рек. Начинается обособление пластово-денудационных равнин и плато Тургая.

Поздний плейстоцен — голоцен. У подножия горных сооружений Средней Азии формируются стратиграфо-генетические комплексы пролювиальных и аллювиальных отложений конусов выноса, образующих сплошные шлейфы шириной 40—50 км. Среднечетвертичные лёссовые покровы подгорных равнин разрезают террасированные долины рек Бугунь, Арысь, Келес, Чирчик, Ангрен и Кашкадарья. Верхнеплейстоцен-голоценовые террасы и конусы выноса сложены валунными галечниками и гравийными песками, перекрытыми лёссовидными суглинками и супесями. Стекающие с высоких гор Чу, Зеравшан, Кашкадарья, Мургаб и Теджен формируют субгоризонтальные суглинистые равнины и систему слепых субэаральных дельт или заканчиваются в небольших озерах. В позднем плейстоцене после поворота Амударьи на север образуется Аральское море. В Приарале Амударья и Сырдарья формируют обширные аллювиально-дельтовые равнины. В Тургае завершается формирование основных черт морфологии междуречных пространств. Вырабатывается первая надпойменная терраса, а в голоцене — низкая и высокая поймы рек.

В олигоцен-четвертичный этап было завершено формирование сложного геологического разреза, рельефа и подземных вод, определяющих современные инженерно-геологические особенности Туранской плиты.

Глава 14

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТУРАНСКОЙ ПЛИТЫ

14.1. Основные закономерности пространственного расположения и строения толщ горных пород

В эпоху новейшей тектонической активизации Центральноевразийская эпипалеозойская платформа и особенно ее среднеазиатская часть испытали бурное геологическое развитие. После отступления палеогенового моря здесь возникли грандиозные горные сооружения. Равнины Туранской плиты неоднократно становились

областями наземной аккумуляции и покрывались морями, связанными с Мировым океаном, или водами крупных внутриконтинентальных водоемов типа акчагыльского и апшеронского бассейнов Каспия. Все эти события обусловили широкое развитие самых разнообразных новейших отложений — от грубообломочных орогенных моласс до морских терригенно-карбонатных и карбонатных образований (см. рис. 13.2 и табл. 13.1 и 13.2). В пространственном расположении новейших формаций и стратиграфо-генетических комплексов четвертичных отложений намечается определенная закономерность (см. рис. 13.2). На западе, в пределах Устюрта и Мангышлака, развиты наиболее древние карбонатные толщи сармат-понта. В Тургае, Кызылкумах и Заунгузских Каракумах верхняя часть разреза сложена преимущественно глинисто-песчаными верхнеплиоценовыми образованиями. Южная и юго-восточная окраины плиты перекрыты валуно-галечными, песчаными и лёссовыми четвертичными отложениями. Отмеченная закономерность распространения неоген-четвертичных толщ не только обусловлена особенностями новейшего тектонического развития Туранской плиты, но, несомненно, связана с характером развития обрамляющих ее орогенов. По мере усиления воздымания горных сооружений Средней Азии и увеличения объема сносимого с них обломочного материала западная окраина плиты начинает постепенно вовлекаться в дифференцированное поднятие, а области все более интенсивного компенсационного погружения в виде обширных субмеридиальных волн последовательно смещаться к юго-востоку и югу. Так первоначально выводится из-под уровня седиментации и, сменив знак движения, «всплывает» Мангышлак-Устюртский сегмент. Затем в конце плиоцена окончательно приподнимается гетерогенный Тургай-Кызылкум-Заунгузский сегмент, некогда полностью перекрытый верхнеплиоценовыми отложениями. И, наконец, в четвертичное время наиболее интенсивное погружение и мощное осадконакопление охватывают южную и юго-восточную окраины плиты и зону ее сочленения с горными сооружениями Тянь-Шаня, Гиссаро-Алая и Копетдага. Формирование маломощного четвертичного покрова в центральной части Туранской плиты было связано с возобновившимся в конце плиоцена погружением Восточно-Аральской впадины и активным развитием здесь экзогенных рельефообразующих процессов, приведших к образованию внутриконтинентального базиса эрозии — Арало-Сарыкамышской впадины. Таким образом, характер новейшего тектонического развития Туранской плиты и сочлененных с ней орогенов обусловил региональные особенности распространения и состава неоген-четвертичных отложений. Выходы на дневную поверхность более древних пород (от палеогена до палеозоя) связаны с зонами антиклинальных поднятий, амплитуда новейшего воздымания которых превышает 500 м (Туаркыр, Мангышлакский Каратау, Султануздаг, Центральные Кызылкумы, Каратау). В Приаралье и Тургае они вскрыты денудацией, уничтожившей маломощный покров, плиоцен-четвертичных отложений.

Если распространение и состав новейших толщ обусловлены прежде всего тектоникой и расположением основных областей сноса и аккумуляции, то внутреннее их строение определяется характером развития самих седиментационных бассейнов, фациальной обстановкой осадконакопления, литогенезом и вторичным постседиментационным преобразованием пород активно протекавшими физическими и физико-химическими процессами выветривания. Последние в условиях длительного господства аридного климата привели к существенному изменению первоначального строения и состава различных по возрасту и генезису пород. Так, к югу от Тургая плиоцен-четвертичные аллювиальные толщи были интенсивно перевесены. Мощность наложенных эоловых песков на равнинах Туранской плиты в среднем составляет 10—20 м, но часто достигает и больших значений (30—40 м). Широкое развитие получили солончаки, приуроченные к зонам разгрузки грунтовых и напорных вод. К эпигенетическим новообразованиям относится гипсово-ангидритовая пустынная кора — бозынген Устюрта и Мангышлака. Карбонатная кора выветривания представлена горизонтом крепких конкреционных песчаников (мощность 2—3 м), венчающим разрез заунгузской и денгизкульской свит в Каракумах и Кызылкумах.

Учитывая сложное, в большинстве случаев двух- или многопородное строение различных по возрасту и генезису покровных отложений Туранской плиты и значительную глубину вторичного преобразования осадочного субстрата, ниже будут рассмотрены особенности распространения, состава и строения пород верхней 20-метровой части разреза, находящейся в зоне активного воздействия различного рода инженерных сооружений. Эти особенности отражены на рис. 14.1, составленном с учетом возрастной и генетической принадлежности пород. (В областях сплошного развития эоловых песков показано строение подстилающей 20-метровой толщи коренных пород).

Подгорные наклонные равнины Средней Азии сложены четвертичными покровами двух типов. Вдоль Киргизского и Таласского хребтов, большей части Каратау, Туркестано-Нуратинских гор и Копетдага развиты покровы, образованные слившимися разновозрастными конусами выноса рек и временных водотоков. Вблизи гор в головных частях конусов выноса пролювиальные отложения представлены плохо окатанными валунными галечниками. По мере удаления от поднятий они замещаются галечно-гравийными и щебнисто-песчаными отложениями, которые, постепенно погружаясь, перекрываются супесями и лёссовидными суглинками. Террасы предгорных рек имеют двучленное строение: они сложены галечниками или конгломератами, перекрытыми супесями и суглинками.

Кроме описанных пролювиальных и аллювиальных отложений у подножия гор широко развиты покровы среднечетвертичных пролювиальных лёссов. Эти, так называемые ташкентские лёссы распространены вдоль юго-западного окончания Каратау и Чаткало-

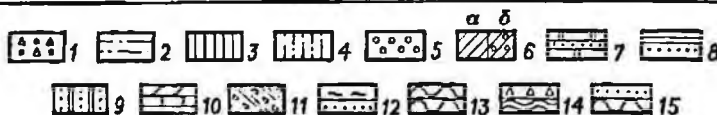
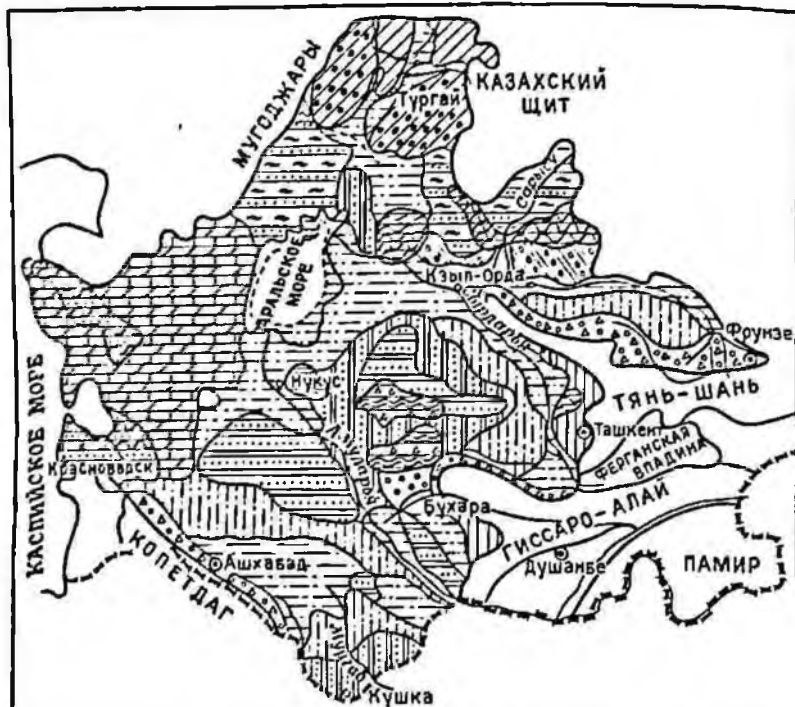


Рис. 14.1. Строение верхней 20-метровой толщи пород, составляющих Туранскую плиту (золотые пески сняты):

1 — четвертичные отложения — пролювиальные и аллювиальные конгломераты, галечники, гравийные пески, супеси, суглинки, лесовые породы (подгорные равнины Копетдага, Гиссаро-Алая и Тянь-Шаня); 2 — средне-верхнечетвертичные, верхнечетвертичные и современные аллювиальные и аллювиально-дельтовые супеси и суглинки с подчиненным развитием песков и грубообломочных пород (долины и дельты Тургая, Чу, Сырдарьи, Амударьи, Зеравшана, Яшикарды, Теджена, Мургаба); 3 — среднечетвертичные пролювиальные лесовые пирровы, прорезанные верхнечетвертичными и современными песчано-галечными долинами; 4 — нижне-среднечетвертичные аллювиальные пески с подчиненными супесями, суглинками и глинами (низменные Каракумы, Восточные Кызылкумы, Музюк); 5 — нижне-среднечетвертичные аллювиальные галечники и гравийные пески (древняя дельта Зеравшана); 6 — верхнеплиоцен-нижнечетвертичные отложения — жузиликская свита и ее аналоги — озерные суглинки (а), аллювиально-пролювиальные пески, гравийные галечники (б) (Тургайские паводы); 7 — акчагыльские и ашкерские известняки, мергели, глины, пески (Красноводское плато); 8 — верхнеплиоценовые отложения — аулугзская и депизкульская свиты — озерно-аллювиальные пески, конcretionные песчаники с подчиненными алевролитами и глинами (Жузгузские Каракумы, Кызылкум); 9 — верхнеплиоценовые отложения — ершатаудзская, атынкыльская, ташакырская, гокинская и тахтинская свиты — пролювиальные и аллювиальные пески с подчиненными алевролитами, мергелями, гравейтами (Кызылкум, Бадкыш, Карабиль); 10 — спрмат-нишительские известняки и мергели (Мангышлак, Устюрт); 11 — миоцен-плиоценовые отложения — тогузканская, андасийская, шахкыская и кокуржская свиты — аллювиально-пролювиальные алевролиты, пески, гравейты, конгломераты, озерные глины (плато Арыкум, Сарылан, Ботлак-Дала); 12 — палеогено-четвертичные отложения — морские и континентальные глины и алевролиты с маломощным фрагментарным покровом песков и гравийных галечников (образование Улуту и Мугдждар, Северные Приаралье); 13 — меловые морские и континентальные глины, алевролиты, песчаники (Джусуланский свод, Притяжикетские Чулы); 14 — выходы палеозоя и глинисто-песчаных отложений мезозоя-кайнозоя с покровом (10—15 м) четвертичных галечников и суглинков (Центральные Кызылкумы); 15 — выходы палеозоя, карбонатных и глинисто-песчаных отложений мезозоя-кайнозоя (Горный Мангышлак, Туаркыр)

Кураминских гор, где в них вложены террасированные долины Бугун, Арыси, Келеса, Чирчика и Ангрена. Лёссы имеют однородное строение и лишь вблизи гор переходят в слоистые суглинки и супеси с включением грубообломочных пород. Аналогичные лёссы развиты и в долине Кашкадары, обрамляя западное окончание Гиссара.

Наклонные аллювиально-пролювиальные валуно-щебнисто-суглинистые и лёссовые покровы, обрамляющие горы Средней Азии, переходят в субгоризонтальные равнины больших и малых транзитных рек. По строению покровных толщ, особенностям формирования и морфологии выделяются молодые позднелайстоцен-голоценовые суглинистые равнины и древние ранне-среднелайстоценовые, интенсивно перевесняные песчаные равнины. Существует три типа молодых равнин.

К первому типу относятся обширные аллювиальные и аллювиально-дельтовые равнины Амударьи и Сырдарьи. Пойма и обычно одна, реже две надпойменные голоценовые террасы сложены разнозернистыми песками с примесью гравийно-галечного материала. Пески перекрыты маломощными супесями и суглинками. Верхнечетвертичный аллювий представлен толщей переслаивающихся песков, супесей и суглинков. Последние доминируют в разрезе и слагают основную часть поверхности второй, а на левобережье Сырдарьи в Голодной степи — третьей надпойменной террасы, которая часто имеет характер обширной суглинистой равнины. Приаральские аллювиально-дельтовые равнины Амударьи и Сырдарьи образованы отложениями пойменных разливов, озер и блуждающих русел. Они представлены серыми пятнистыми глинами, тяжелыми суглинками и супесями с линзами песков. На поверхности Акчадарьинской, Жанадарьинской и Кувандарьинской дельт широко развиты такырные суглинки (0,5—1,5 м). Поверхность обсохшего Актепинского архипелага покрыта черными засоленными илами и корками соли. Широкая полоса (30—80 км) обсохшего морского дна сложена в основном засоленными суглинками.

Ко второму типу относятся равнины малых рек Талас, Чу, Сарысу и Тургай, заканчивающихся системой небольших конечносточных озер. Современный и верхнечетвертичный аллювий, слагающий пойму и первые надпойменные террасы, представлен грубыми песками с гравием и галькой, а в верховьях — галечниками с маломощным покровом супесей и суглинков. В низовьях рек широко развиты солончаки, озерные и такырные суглинки и глины.

Равнины третьего типа сформированы реками Зеравшан, Мургаб и Теджен, которые заканчиваются слепыми субэвральными дельтами. В долине Зеравшана и его бывшего притока Кашкадарьи выделяются три террасовых комплекса. Две голоценовые и верхнелайстоценовая террасы имеют сходное строение. Покровные супеси и суглинки (мощность 3—5 м) и фрагментарно развитые пески подстилаются песчано-гравийными породами. Пески с включением гравия и гальки слагают древнюю дельту Зеравша-

на, расположенную северо-западнее Бухары. Выделяются также две молодые дельты: раннесовременная — Бухарская и позднесовременная — Каракульская. В низовьях Теджена и Мургаба насчитывается до четырех разновозрастных дельт. Дельты и молодые террасы этих рек сложены неравномерно пересланвающимися песками, тяжелыми суглинками и глинами.

На протяжении четвертичного периода Амударья и Сырдарья непрерывно сменялись к востоку, поэтому ранне-среднеплейстоценовые равнины этих рек расположены западнее молодых равнин. Нижне-среднечетвертичные отложения пра-Амударьи слагают Нижние Каракумы, где выделяются под названием каракумской свиты. Однообразный аллювий пра-Сырдарьи развит в Восточных Кызылкумах. В строении Муонкумов участвует материк, принесенный Таласом и Чу с Северного Тянь-Шаня. Аллювий прарек представлен в основном серыми слюдистыми полимиктовыми песками с подчиненными линзами супесей, суглинков и глин. Четвертичный аллювий, как и более древние верхнеплиоценовые песчаные толщи, слагающие приподнятые пластовые равнины Заунгузских Кызылкумов и Приаральских Каракумов, интенсивно переветрены.

В отличие от рыхлого четвертичного аллювия породы верхнего плиоцена подвергались большей литификации. В Кызылкумах, Каракумах, Бадхызе и Карабле плиоцен представлен двумя формациями: терригенной буроцветной, возрастной диапазон которой охватывает большую часть акчагыла, и терригенной сероцветной, соответствующей позднему акчагылу — апшерону. Эти формации сложены многочисленными свитами, выделенными по литолого-фациальным признакам (см. табл. 13.1 и 13.2). Каждой свите присущи свои особенности строения и состава пород, залегающих непосредственно под покровом золотых песков. Так, верхняя 20-метровая часть разреза ергашкудукской свиты в Восточных Кызылкумах сложена ссырными мелкозернистыми полимиктовыми песками палео-Сырдарьи с маломощными (1—2 м) прослоями глин и алевролитов. Обширные пространства Западных Кызылкумов перекрыты разнозернистыми песками с гравием и галькой и песчаниками ташакырской свиты (5—30 м), которые подстилаются белесо-серыми озерными мергелями и глинами садыварской свиты или залегают непосредственно на породах мела и палеогена. Однородными буровато-желтыми мелкозернистыми песками и алевролитами сложены тохтинская и тахтинская свиты северных склонов Бадхыза и Карабля. Терригенная буроцветная формация Туранской плиты представлена удивительно однообразными по составу, выдержанными на огромных пространствах желто-бурыми мелкозернистыми полевошпатово-кварцевыми песками и слабосцементированными песчаниками, относящимися в Кызылкумах к денгизкульской, в Каракумах к заунгузской, а на Бадхызе и Карабле к кошанской свитам. В отдельных районах, где верх этих свит не переветрены, разрезы их заканчиваются карбонатной корой выветривания (1—3 м).

На западе Туранской плиты над плиоцен-четвертичными песчаными и суглинистыми равнинами Приаралья и Каракумов возвышаются каменные плато Мангышлак и Устюрт. Плато бронированы известняками и мергелями сармат-понта, слагающими верхнюю часть разреза миоцен-плиоценовой карбонатно-терригенной формации. Карбонатная плита нарушена выступами палеозоя и выходами разнообразных мезозойско-кайнозойских формаций, образующих систему дислокаций Туаркыра и Горного Мангышлака.

Разрез кайнозоя Тургайской столовой страны венчается слаболитифицированными буровато-серыми супесями и суглинками жуншиликской свиты или аллювиально-пролювиальными гравийными галечниками (плато Турме) мощностью 2—15 м и более. Покровный характер залегания имеют и среднечетвертичные светло-бурые облёсцованные слоистые пески и супеси мощностью 5—15 м, реже более. Они не связаны с современной гидрографической сетью и образуют обширные озерно-увалистые равнины, как, например, к западу от возвышенности Жыланшык-Турме на площади между Тургаем и Улы-Жыланшыкской дугой.

Отмеченные закономерности распространения и строения различных по возрасту и составу покровных неоген-четвертичных отложений и более древних толщ во многом определяют инженерно-геологические условия Туранской плиты.

14.2. Основные закономерности строения рельефа

Формирование рельефа Туранской плиты и Туранской столовой страны определено всем ходом геологического развития, новейшей тектоникой, частыми и довольно резкими колебаниями уровня Каспия, связанными с глобальными изменениями климата, и экотектоническими рельефообразующими процессами, главная роль в которых принадлежит аридному морфогенезу. Со второй половины плиоцена и в плейстоцене первично аккумулятивные морские, озерно-аллювиальные и аллювиальные равнины Турана стали постепенно выводиться из-под уровня седиментации и подвергаться денудации. Так возникли три разновозрастные яруса рельефа, ныне представленные обширными аккумулятивными, пластово-аккумулятивными и пластово-денудационными равнинами и плато с характерной аридно-денудационной морфоскульптурой. Первый, наиболее древний, ярус образуют структурно-денудационные бронированные плато Устюрт и Мангышлак, морфологически выраженные уже в среднем плиоцене. В конце плиоцена, а в Тургае в самом начале плейстоцена, было завершено формирование второго яруса, включающего возвышенные пластово-денудационные равнины Бадкыза и Карабиля, приподнятые Заунгузско-Кызылкумские плиоценовые перевейные равнины, плато Бетпак-Дала и расчлененную четвертичными долинами Тургайскую столовую страну. Третий, самый молодой, ярус образуют обширные низменные чет-

вертикальные аллювиальные и аллювиально-дельтовые равнины Сыр-дарьи, Амударьи и других рек, заканчивающихся субэвразийскими дельтами. Равнинный облик Турана нарушается выступами палеозойского фундамента — холмогорьями и низкогорьями Туакыра, Мангышлака и Центральных Кызылкумов, амплитуда новейшего поднятия которых составляет 500—1000 м. Морфоструктуры Туранской плиты имеют прямую связь с ее тектоническим строением, но по окраинам плиты местами развиты наложенные или обращенные морфоструктуры (плато Мангышлак, Устюрт и частично Тургай).

Структурно-денудационные плато Устюрт и Мангышлак отвечают крупным отрицательным структурам платформенного чехла, но поднятые в послепонтийское время на высоту 200—250 м они резко возвышаются над окружающими их пространствами. Со всех сторон плато ограничены обрывистыми уступами — чинками — с относительным превышением 50—150 м. Сам рельеф, брошированный известняками сармата и понта, тектономорфный, и все неотектонические структуры имеют прямое орографическое выражение. Господствуют столовые и наклонные плато субширотного простирания, на фоне которых выделяются изолированные увалы — Музбель (341 м), Карабаур (290 м), Урру (268 м) и др. Поверхность Устюрта и Мангышлака осложнена бессточными впадинами, наиболее глубокие из которых — Карагие (—132 м), Карынжарык (—70 м), Казахлишор (—28 м), Барсакельмес (+60 м). Плато расчленены сетью долин и ложбин местного стока, распространены такры и карстовые воронки, встречаются отдельные песчаные массивы.

Горный Мангышлак объединяет систему субширотных хребтов Каратау и куэстовые гряды Южного и Северного Актау. Каратау на значительном протяжении представляет собой плоскогорье. Его осевая, наиболее высокая (400—550 м), часть сложена сравнительно крепкими породами пермо-триаса. К податливым юрско-нижнемеловым отложениям приурочены продольные понижения, отделяющие хребет от куэстовых гряд Южного и Северного Актау, которые сложены устойчивыми верхнемеловыми, палеогеновыми и неогеновыми породами. На крайнем юго-западе Устюрт граничит с цокольными равнинами Туаркыра (280—480 м).

Севернее Аральского моря расположены Чаграйское плато, Северо-Приаральские столово-ступенчатые плато и равнины (80—150 м) и возвышенные столово-останцовые плато, ограниченные с запада Челкарской субгоризонтальной равниной (100—200 м). Приподнятые равнины и плато, выработанные в отложениях палеогена и неогена, разобщены песчаными массивами (Большие и Малые Барсуки, Приаральские Каракумы) и обширными понижениями, занятыми озерами и многочисленными сорами.

Общие черты рельефа, присущие Северному Приаралью, характерны и для Тургайской столовой страны. Пластово-денудационные равнины и плато Тургая сложены слабодислоцированными преимущественно глинистыми отложениями палеогена и неогена.

Тенденция к общему поднятию Тургайского прогиба, наметившаяся во второй половине плиоцена и возобновившаяся в плейстоцене, привела к созданию столово-ступенчатых, ярусных и наклонных равнин и плато, прорезанных крутосклонными долинами. Все долины рек тесно связаны с широкой (20—50 км) Тургайской ложбиной, в которой прослеживаются три террасовых уровня. Наиболее высокой, исходной, является первично аккумулятивная поверхность, сложенная отложениями жуншилукской свиты. К речным долинам она спускается крутыми (высота 20—60 м) или пологими (ширина 10—15 км) склонами, переходящими в денудационные равнины верхнего уровня. Ниже выделяются еще два уровня, которые в виде педиментов прослеживаются вдоль долин рек и тесно связаны с их первой и второй террасами. К югу от Сыпынагашской ложбины, приуроченной к водоразделу (220—330 м) Западно-Сибирской и Туранской низменностей, расположено Улькайское плато с максимальной высотой 312 м. К западу от него простирается Припргизская слабоволнистая денудационная равнина, поверхность которой погружается от 260 м на севере до 200 м на юге. Глубина расчленения достигает 70 м. Для рельефа равнины характерны эрозионные останцы, долинообразные понижения и крупные дефляционные впадины, занятые солончаками и озерами. Восточнее Тургайской ложбины простираются Маркасайское плато и Аркалыкская гряда. Поверхность плато поднимается с юга на север от 280 до 425 м. Западный склон его интенсивно расчленен многочисленными глубоко врезаемыми долинами. На юго-востоке Тургая расположены Сарыинское, Майдамталское и Жыланшык-Турмейское плато, прорезанные долинами Улы-Жыланшыка, Кара-Тургая и Сары-Тургая. Все плато имеют общий уклон на север от 350 до 230 м и четко выраженную асимметрию: западные склоны крутые, восточные и северо-восточные пологие. В низовьях рек Улькайяк, Тургай и Улы-Жыланшык широко развиты денудационные ярусные и наклонные равнины трех уровней с грядово-ложбинным рельефом и суффозионно-карстовыми западинами глубиной 3—12 м.

Юго-восточным продолжением Тургайского прогиба является система структурно-денудационных равнин, срезающих различные горизонты мезозоя — кайнозоя по обрамлению Улутау. На юге они замыкаются Нижне-Сырдарьинской ярусной равниной, приуроченной к Джусалинскому меловому своду, и молодым Арыкумским плато (150—230 м). Здесь же расположены крупные бессточные впадины Мингбулак (70—100 м) и Арыс (60—130 м). К востоку от долины Сарысу простирается плато Бетпак-Дала.

Южнее Аральского моря широко развиты верхнеплиоценовые пластово-денудационные песчаные равнины Заунгузских Каракумов и Кызылкумов с двумя высотными уровнями. Верхний уровень соответствует среднеакчагыльской заунгузско-денгизкульской первично аккумулятивной поверхности выравнивания. В строении нижнего участвуют континентальные аналоги апшерона, т. е. отложения садыварской, ташакырской и ергашку-

дукской свит. К верхнему уровню относятся Заунгузская наклонная равнина (100—240 м), Денгизкульское плато (250—300 м), Северо-Султануиздагская (100—300 м) и Северо-Букантауская (150—300 м) наклонные равнины. Нижний уровень представлен субгоризонтальной равниной Западных Кызылкумов, над которой на 20—30 м возвышаются останцы (Эльджик и др.) некогда единого Денгизкуль-Заунгузского плато. Но высотные верхнеплиоценовые уровни выражены не повсеместно. Так, в Северных и Восточных Кызылумах граница между районами развития денгизкульской и вложенной в нее ергашкудукской свитой морфологически не выражена.

Плоский аккумулятивный рельеф верхнеплиоценовых равнин после завершения их формирования подвергся длительному эоловому преобразованию, которое значительно изменило их первоначальный облик. В пределах равнин верхнего уровня развиты столово-останцевые и эоловые формы рельефа, а в пределах нижнего — только эоловые. Денгизкульское плато, отдельные платообразные поверхности, кары и останцы в Заунгузских Каракумах и Кызылумах представляют собой реликты исходной среднеаккагильской поверхности выравнивания, бронированной карбонатной корой выветривания. Приурочены они, как правило, к антиклинальным поднятиям и на 20—40 м возвышаются над окружающими эоловыми равнинами.

Наиболее широко распространены дефляционно-аккумулятивные эоловые формы песков, полужакрепленных растительностью. Морфология их самая разнообразная. Наряду с грядовыми песками развиты грядово-ячеистые, ячеистые и бугристые.

Над однообразными плиоценовыми эоловыми равнинами Западных Кызылкумов возвышаются отдельные, сложенные породами мела и палеогена, холмы и куэстовые гряды Мешеклинского, Питняк-Кабаклинского, Бузаубайского и Кошайского антиклинальных поднятий, амплитуда новейшего поднятия которых составляет 400—500 м.

На западе Туранской плиты к описываемому ярусу относятся субгоризонтальная песчаная равнина Учтаган, субширотное наклонное останцово-котловинное Красноводское плато и пески Чильмамедкум, поверхность которых постепенно снижается к Узбою от 250 до 50 м. На крайнем юге плиты верхнеплиоценовый ярус рельефа образуют наклонные Северо-Бадхызская и Северо-Карабильская равнины с уровнями 300—500 м. Рельеф Бадхыза, Карабиля и прилегающих наклонных равнин увалистый (баирный).

На юго-востоке Кызылкумов над перевейными плиоценовыми пластовыми равнинами возвышаются хребты Букантау (764 м), Тамдытау (922 м), Аумиизатау (695 м), Арыстантау (698 м) и Кульджуктау (785 м). Сложенные палеозойскими породами сводово-глыбовые низгорья Центральных Кызылкумов и расположенный к западу хр. Султануиздаг характеризуются резко выраженной аридной морфоскульптурой. Хребты обрамляются пролюви-

альными наклонными ступенчатыми равнинами. Выделяются четыре ступени, соответствующие айтымскому, надкулкудукскому, кулкудукскому и современному эрозионно-аккумулятивному циклам. По периферии равнин располагаются обширные бессточные дефляционные впадины Мымбулак (—12 м), Моллалы (+137 м), Караката (+95 м) и Аякагытма (+133 м).

Третий ярус рельефа Туранской плиты образуют четвертичные аллювиальные равнины. Он также представлен двумя уровнями с относительным превышением 20—30 м. Верхнему уровню соответствуют ранне-среднеплейстоценовые сильно перевеянные аллювиальные равнины наиболее крупных среднеазиатских рек. К ним относятся обширные пространства Юго-Восточных и Центральных Каракумов, сложенных светло-серыми песками пра-Амударьи. Равнина имеет общий уклон с востока (180—200 м) на запад (100—120 м) к Каспийскому морю. Одновозрастная равнина пра-Сырдарьи занимает восточную окраину Кызылкумов. Нижне-среднечетвертичный песчаный аллювий рек Чу и Талас слагает Муюнкумы. Общими чертами всех этих равнин являются выпуклый поперечный профиль и глубоко расчлененный эоловый рельеф.

Нижний уровень представлен позднелайстоцен-голоценовыми аллювиальными и аллювиально-дельтовыми равнинами. Выделяют три типа молодых равнин. К первому относятся обширные аллювиальные и аллювиально-дельтовые равнины Амударьи и Сырдарьи, основные элементы рельефа которых — пойма, одна или две голоценовые и позднелайстоценовая террасы. Последняя в областях интенсивного четвертичного погружения приобретает характер плоской суглинистой равнины. В качестве примера такой равнины можно привести Голодную степь на левобережье Сырдарьи. В Приаралье Амударья и Сырдарья образуют обширные позднелайстоцен-голоценовые аллювиально-дельтовые равнины, ниже которых расположены пойма и многочисленные неглубоко (5—10 м) врезанные староречья — Дарьялык, Даудан, Акчадарья, Жанадарья, Кувандарья. Обычно выделяются Присарыкамышская, Акчадарыньская и современная Приаральская дельты Амударьи и Жанадарыньская, Кувандарыньская и Казалинская дельты Сырдарьи. Отсутствие морфологически выраженных границ между дельтами и наличие многочисленных сухих русел, сток по которым осуществлялся и в историческое время, свидетельствуют о том, что формирование рельефа всех дельт Приаралья было завершено в голоцене. Ко второму типу относятся террасированные равнины небольших транзитных рек — Таласа, Чу, Сарысу, Тургая, заканчивающихся системой конечно-сточных озер. Аллювий этих рек представлен разнозернистыми песками с гравийно-галечным материалом, перекрытыми маломощными суглинками. Молодые равнины третьего типа образованы реками Зеравшан, Кашкадарья и Мургаб, которые при выходе из предгорий рассеивают свой сток и формируют систему разновозрастных песчано-суглинистых дельт.

На юге и юго-востоке аллювиальные субгоризонтальные равнины Туранской плиты сочленяются с наклонными ступенчатыми аллювиально-пролювиальными равнинами, непрерывной каймой (ширина до 120 км) обрамляющими горные сооружения Тянь-Шаня, Гиссаро-Алая и Копетдага. Самая верхняя ступень представлена предгорными возвышенностями, или адырами, сложенными верхнеплиоцен-нижнечетвертичными отложениями. Ниже расположены собственно подгорные равнины, образованные отложениями конусов выноса и террас средне-, позднечетвертичного и голоценового возраста. Выделяют два типа подгорных равнин. Равнины первого типа расположены вдоль подножий Киргизского, Таласского, значительной части Каратау, Туркестанского и Нуратинского хребтов и Копетдага. Представлены они системой разновысотных слившихся конусов выноса постоянных и временных водотоков и сложены щебнисто-галечным материалом, местами перекрытым супесями и лёссовидными суглинками. Относительно высокие и крутые среднечетвертичные конусы выноса в осевых частях интенсивно расчленены долинами. Расположенные ниже позднечетвертичные конусы выноса значительно положе, слабее расчленены и занимают наибольшую площадь. В них вложены голоценовые конусы выноса. По периферии подгорных равнин позднеплейстоценовые и голоценовые шлейфы выноса вылаживаются, постепенно сливаются и теряют свои очертания. Широкое развитие получают супеси и суглинки. Равнины второго типа развиты не вдоль основных хребтов, а по их сниженной периферии, обрамляя западные низкогорные окончания Таласс-Чаткало-Кураминской и Зеравшано-Гиссарской систем хребтов. В Чимкентском и Приташкентском районах — это обширные слабоволнистые равнины, образованные мощной толщей покровных среднечетвертичных пролювиальных лёссов. Лёссовый плащ прорезан верхнеплейстоцен-голоценовыми террасированными галечными долинами Бугуни, Арыси, Келеса, Чирчика, Ангрена и Кашкадарьи. По мере удаления от гор долины постепенно расширяются и переходят в аллювиальные равнины.

14.3. Основные закономерности гидрогеологических условий

Туранская плита — крупная платформенная артезианская область с замкнутым подземным и поверхностным стоком. Равнинные пространства ее заняты артезианскими бассейнами межпластовых вод, приуроченных к мезозойско-кайнозойскому чехлу фундамента плиты. На низкогорных выступах фундамента в зонах экзогенной трещиноватости и тектонической раздробленности палеозойских массивов распространены бассейны трещинных грунтовых вод.

Характерная особенность артезианских бассейнов — повсеместное разделение гидрогеологического разреза мезозоя — кайнозоя глинисто-мергелистой толщей два этажа: верхний, где в неоген-четвертичных отложениях содержатся грунтовые воды, и нижний

с напорными межпластовыми водами в породах мела, юры и местами палеогена.

Основные природные закономерности гидрогеологических условий верхнего этажа (грунтовые воды) определяются климатом, геоморфологическим и геологическим строением и распределением поверхностного стока (рис. 14.2).

Более всего подчинены геологическим факторам гидрогеологические условия тектонически приподнятых областей плиты, сложенных коренными породами и не имеющих других источников питания грунтовых вод, кроме атмосферных осадков. Так, гидрогеологические условия структурных равнин Тургая и Бетпак-Далы определяются широким распространением здесь водоупорных глинистых пород олигоцена и неогена. Горизонт грунтовых вод приурочен здесь к линзам и прослоям песка, спорадически распространенным в глинистых породах, и к песчаному аллювию нижних террас в долинах рек Сарысу и Тургай. Лишь в пределах соседнего Джусалинского свода горизонт порово-пластовых грунтовых вод получил широкое распространение в песках и песчанниках верхнего мела. Отдельные скопления грунтовых вод содержатся в массивах золотых песков (Большие и Малые Барсуки и др.).

В пределах Мангышлак-Устюртского плато сформировались местные бассейны трещинно- и карстово-пластовых грунтовых вод в слабодислоцированных мергелях и известняках неогена. Каждый бассейн занимает выраженную в рельефе неотектоническую впадину, грунтовые воды образуются на ограничивающей ее поднятиях и, пополняясь по пути, разгружаются в бессточных котловинах в центральных частях впадин с образованием озер и солончаков.

По минерализации грунтовые воды перечисленных областей изменяются от солоноватых (реже пресных) до соленых и рассолов, что связано с выщелачиванием пород при движении вод и испарением при неглубоком залегании их зеркала. Преобладающий состав — хлоридно-сульфатный и сульфатно-хлоридный натриевый.

В формировании гидрогеологических условий остальной части плиты определяющее значение имели морфоструктуры, образованные аккумулятивной деятельностью водных потоков и последующей золотой переработкой, а также современное распределение поверхностного стока рек. По гидрогеологическим условиям можно выделить подгорные аккумулятивные равнины, принимающие подземный и поверхностный сток с гор, и аллювиальные аккумулятивные равнины, принимающие подземный и поверхностный сток с подгорных равнин. В свою очередь подгорные равнины разделяются на дренированные лёссовые и равнины с зонально изменяющимися условиями дренированности и состава водonosных пород. Для равнин первого типа характерны потоки грунтовых вод в мощных (30—100 м) толщах покровных пролювиальных лёссов среднечетвертичного возраста. Это — слабоволнистые равнины, обрамляющие западные окончания хребтов в Приташкентском, Чимкентском и Кашкадарьинском районах. Грунтовые воды даже в орошаемых районах залегают на глубине 10—15 м и более, прибли-

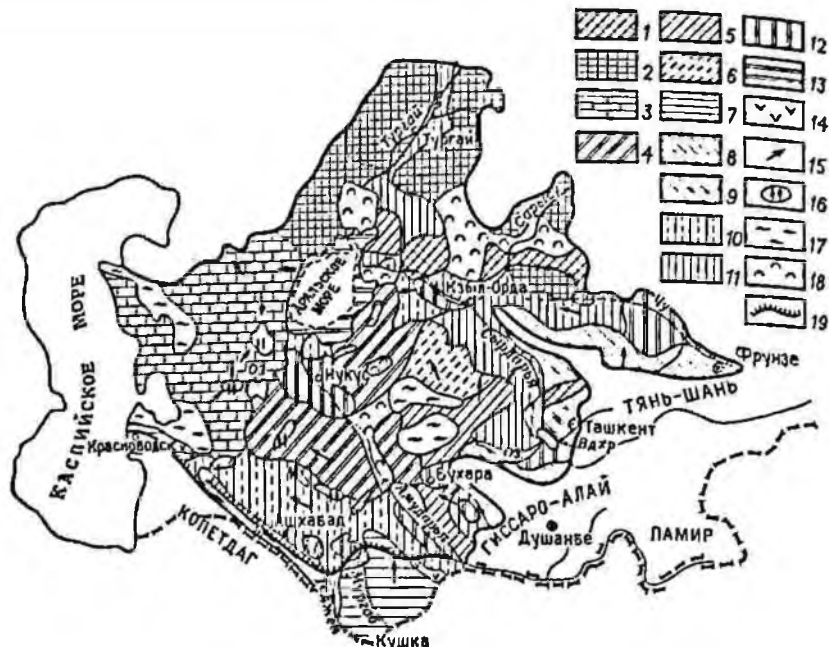


Рис. 14.2. Схема распространения грунтовых вод Туранской плиты:

1 — водоносный комплекс песков и песчаников верхнего мела (Джусалинский свод, Приташкентско Чули), УГВ 1–20 м, минерализация $M < 3$ г/л, преобладающие в составе анионы и катионы SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} ; 2 — спорадически обводненные олигоценые и палеогеновые отложения — линзы и прослойки песка, песчаника (плато Тургайское и Бетпак-Дала), УГВ 2–20 м, $M < 10$ г/л, SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ , Ca^{2+} ; 3 — водоносный комплекс кавернозных и трещиноватых глинисто-карбонатных пород миоцена (Мингышлак-Устьюртское плато и др.), УГВ 0–90 м, $M = 3–25$ г/л, SO_4^{2-} , Ca^{2+} , SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ ; 4–6 — водоносный комплекс песков и песчаников верхнего палеоцена (слабоприподнятые равнины Заулягузских Каракумов и Кызылкум), УГВ 20–50 м и более, $M = 3–35$ г/л, Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ (4); $M < 3$ г/л, состав пестрый (5), $M < 1$ г/л, HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} (6); 7 — водоносный комплекс палеоцен-четвертичных аллювиально-пролювиальных лёссовидных и песчаных отложений (возвышенности Бадхыз и Карабиль), УГВ 10–100 м, $M = 1–10$ г/л, Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ ; 8 — водоносный комплекс аллювиально-пролювиальных крупнообломочных и песчано-глинистых четвертичных отложений (подгорные равнины), УГВ 0–100 м, при $M = 0,5–1$ г/л HCO_3^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , при $M = 1–10$ г/л SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Na^+ ; 9 — водоносный горизонт среднечетвертичных пролювиальных лёссовидных пород (расчлененные предгорные равнины), УГВ 10 м, $M = 1–3$ г/л, SO_4^{2-} , Ca^{2+} ; 10–12 — водоносный комплекс аллювиальных суглинисто-песчаных четвертичных отложений (низменные аллювиальные и аллювиально-дельтовые равнины), УГВ > 10 м, $M > 35$ г/л, Cl^- , Na^+ (10); УГВ 6–10 м, $M < 3$ г/л, SO_4^{2-} , Cl^- , Na^+ (11); оршаемые валсы УГВ 1–3 м, $M = 1–10$ г/л, состав пестрый (12); 13 — водоносный горизонт современных морских отложений (приморская равнина), УГВ < 5 м, $M = 30–100$ г/л, Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ , Mg^{2+} ; 14 — линзы пресных грунтовых вод под золотыми песками, УГВ 20–30 м и более, $M < 1$ г/л, HCO_3^- , Na^+ , SO_4^{2-} , Cl^- ; 15 — направление движения грунтовых вод; 16 — очаги испарительной разгрузки грунтовых вод; 17 — территории развития межпластовых вод в мезозое по находящимся среди них малых бассейнов трещинных грунтовых вод в палеозое; 18 — выходы водоупорных глини палеогена; 19 — Каракумский канал

жаясь к дневной поверхности лишь в понижениях рельефа и на дне оврагов. Минерализация грунтовых вод достигает 6 г/л.

Для равнин второго типа характерны потоки грунтовых и субнапорных вод конусов выноса и подгорных шлейфов. К головной части конусов выноса приурочена подзона формирования потоков пресных грунтовых вод в крупнообломочных отложениях (за счет инфильтрации атмосферных осадков и части поверхностного стока, а также подземного притока с гор) с глубоким (десяtkи метров) залеганием зеркала. На периферии конусов выноса в мелкообломочных породах выделены подзоны выклинивания грунтовых и субнапорных вод и вторичного погружения зеркала и осолонения грунтовых вод. На водообильных конусах подзона выклинивания выражена массовым переходом подземного стока в поверхностный (родники, р. Карасу и др.), а на «сухих» конусах Прикопетагской равнины — солончаками.

В третьей подзоне грунтовые воды в естественных условиях погружаются на глубину до 30 м, но в орошаемых районах они поднимаются до глубины 1—3 м и поддерживаются на ней дренажем и испарением.

Для естественных гидрогеологических условий аллювиальных равнин характерны крупные потоки грунтовых вод в песчаном аллювии равнинных рек, отличающиеся в региональном плане очень малыми уклонами (0,000 n) и поэтому имеющие чрезвычайно медленный (до 5 м/год) региональный сток, направленный вдоль аллювиальных равнин к их низовьям, где происходит конечная разгрузка потоков. Потоки приурочены к аллювию (от плиоцена до современного) и местами к нижней части эолового покрова, преобладающего в ландшафте аллювиальных равнин.

В бассейне Амударьи имеются крупные потоки грунтовых вод. Бадхыз-Карабильский поток занимает бассейны Мургаба и Теджена. В южной пустынной части он заключен в плиоцен-среднечетвертичных песках и песчано-глинистых породах. Севернее, пересекая Мургабский и Тедженский оазисы, поток увеличивается за счет включения грунтовых вод верхнечетвертичных и современных аллювиально-дельтовых отложений, после чего впадает в каракумский поток грунтовых вод, приуроченный к ниже- и среднечетвертичному аллювию пра-Амударьи и занимающий под покровом эоловых песков все пространство Централных (Низменных) Каракумов. Начинаясь от Амударьи и очень медленно двигаясь на северо-запад, каракумский поток разгружается в конце пути в прирусловой части долины Западного Узоя и в солончаке Келькор с образованием озер и солончаков. В восточной части потока, в зоне фильтрационных потерь пересекающего его Каракумского канала, на значительной площади уровень грунтовых вод (УГВ) установился на глубине от 0 до 3 м.

Севернее каракумского потока от Амударьи на запад прослеживается поток грунтовых вод в плиоценовых песках, охватывающий песчаную пустыню Заунгузские (Северные) Каракумы. На значительном расстоянии каракумский и заунгузский потоки дви-

жуются на северо-запад единым фронтом, находясь в гидравлической связи. Заугуский поток разгружается в Сарикамышской впадине.

В низовьях Амударьи от реки берут начало потоки грунтовых вод Присарикамышской, Приаральской и Акчадарьинской дельт. Обширное пространство правобережья Амударьи в ее среднем течении, занятое сухими дельтами Зеравшана и Кашкадарьи, представляет собой область развития двух потоков грунтовых вод: зеравшанский, охватывая северо-западную часть области (Бухарская и Каракульская дельты и их окружение), направляется на запад (в пустыню) и на юго-запад (к Амударье); кашкадарьинский, занимая юго-восточную часть области (Каршинские степи и прилегающие территории Джамской и Карнабчульской степей), движется из Китабо-Шахрисабзской впадины на запад (к слиянию с зеравшанским потоком) и юго-запад (к Амударье), частично разгружаясь по пути в Шорсайском понижении и Денгизкульской впадине. В формировании обоих потоков кроме речных вод участвует подземный сток со стороны Китабо-Шахрисабзской впадины и отрогов соседних хребтов.

В бассейне Сырдарьи крупный поток грунтовых вод в древнем и современном аллювии сопровождает ее течение от выхода из Ферганской долины до устья. В верхней по течению части потока (в пределах Дальверзин-Голодностепенской равнины) песчаная толща аллювия перекрыта покровом лёссовидных пород мощностью до 30 м, частично входящими в водоносное сечение потока. На этом участке река дренирует, а ниже по течению питает поток грунтовых вод. Севернее Голодной степи поток резко расширяется, охватывая все левобережье, включая слабopриподнятую равнину Восточных Кызылкумов с ее верхнеплищеновыми песками и песчанниками, где заметно выражен подземный приток со стороны палеозойских массивов Центральных Кызылкумов. В питании потока участвует также подземный приток со стороны Каратау. Подобный же поток грунтовых вод содержится в аллювии рек Чу, Талас и Сарысу, выстилающем Чу-Сарысуйскую впадину севернее подгорной равнины Киргизского хребта. Большая часть потока охватывает пустыню Мууюнкум, где зеркало грунтовых вод находится в эоловых песках и местами достигает поверхности. В питании потока участвуют подземный сток со стороны подгорной равнины и фильтрационные потери рек Чу, Талас и др. На западе он вливается в сырдарьинский поток грунтовых вод.

В областях, где потоки грунтовых вод приурочены к аллювию крупных рек, можно выделить два типа гидрогеологических условий. Для орошаемых районов (Мургабский, Тедженский, Чарджоуский, Ташаузский, Хорезмский, Каракалпакский, Бухарский, Каракульский, Каршинский, Голодностепенский, Арысь-Туркестанский и Кызыл-Ординский оазисы, отдельные орошаемые массивы в Сырдарьинской и Чу-Сарысуйской впадинах) характерны близкое (до 3 м) залегание грунтовых вод, несмотря на действующий горизонтальный и вертикальный дренаж, засоление почв, пестрая мине-

рализация верхнего слоя грунтовых вод (3—10 г/л), возрастающая к периферии оазисов, и наличие опресненных (1—3 г/л) зон вдоль крупных оросительных каналов.

Вне оазисов на площадях, не затронутых ирригацией, глубина залегания грунтовых вод составляет 10—30 м и более и лишь в сорах и местах разгрузки потоков она уменьшается до 0—3 м. В Амударьинском бассейне преобладают грунтовые воды с минерализацией 10—30 г/л и более, но на отдельных площадях поверх высокоминерализованных вод распространены различные по мощности и площади скопления (линзы) пресных (менее 1 г/л) и слабосолоноватых (1—3 г/л) вод. Малые скопления образуются под такырами, крупные (площадью в многие сотни и тысячи квадратных километров) — под покровом золотых песков (чаще незакрепленных).

В сырдарьинском и чу-сарысуйском потоках преобладают пресные и слабосолоноватые воды, за исключением Северных Кызылкумов и низовий р. Чу, где минерализация составляет 10—50 г/л. В составе грунтовых вод Амударьинского, Сырдарьинского и Чу-Сарысуйского речных бассейнов преобладают хлориды и сульфаты натрия, иногда натрия и магния в различных соотношениях. Вдоль восточного и юго-восточного морского побережья распространен горизонт грунтовых вод, приуроченных к современным морским отложениям, представленным тонко- и мелкозернистыми песками, супесями и суглинками. Снижение уровня моря привело к дренированию водоносного горизонта, понижению его зеркала на 3,5—5 м и расширению зоны распространения от 5 до 60 км и более за счет вышедших из-под уровня моря новейших осадков. Минерализация грунтовых вод, ранее составлявшая 30—100 г/л, еще более увеличилась, воды сохранили хлоридный натриевый и хлоридно-сульфатный натриево-магниевый состав.

Важной характеристикой гидрогеологических условий является агрессивность воды по отношению к бетону. Для грунтовых вод всех рассмотренных областей при минерализации более 2 г/л типично высокое содержание сульфат-иона. При минерализации 2—3 г/л оно выше 250 мг/л, а при минерализации более 3 г/л — выше 800 мг/л, т. е. по отношению к обычному бетону эти воды соответственно слабоагрессивны и агрессивны. При минерализации более 10 г/л содержание сульфат-иона обычно превышает 3000 мг/л, и грунтовые воды проявляют агрессивность к сульфатнотстойкому портландцементу и сульфатнотстойким пуццолановым, песчано-пуццолановым и шлаковым портландцементом. При очень высокой минерализации (более 20 г/л) грунтовые воды в отдельных случаях могут обладать дополнительно общекислотной и магниальной агрессивностью.

14.4. Пространственные закономерности развития комплексов эндогенных, экзогенных и антропогенных геологических процессов и явлений

Значительная часть Туранской плиты и зона ее сочленения с горами Средней Азии характеризуются высокой сейсмичностью. На карте сейсмического районирования территории СССР [24] значительная часть Предкопетдагской равнины входит в 9-балльную зону (рис. 14.3.). Обрамляющие передовые хребты Тянь-Шаня и Гиссаро-Алая подгорные равнины, на которых расположены такие крупные города, как Джембул, Ташкент и Джизак, относятся к 8-балльной зоне, а Фрунзе — к 9-балльной. В 100—150 км к северу от Копетдага и Тянь-Шаня сейсмичность уменьшается до 5 баллов. Но такое сравнительно быстрое уменьшение сейсмичности не характерно для части Туранской плиты, сочлененной с Гиссаро-Алаем и Парапамизом. Так, 7-балльная зона охватывает обширные пространства Бухаро-Кашгарского региона, Центральных и Западных Кызылкумов вплоть до Хорезма. В Центральных Кызылумах скорость положительных современных движений, по данным Ш. У. Арсланбекова, достигает 20 мм/год, и здесь происходят сильные землетрясения (8-балльное Газлинское в 1976 г.).

Строение толщ горных пород, рельеф, гидрогеологические условия и климат Туранской плиты в совокупности определили площадное распространение эоловых процессов, такыров, солончаков, просадки и локальное развитие карстовых, суффозионных, оползневых, эрозионных, осыпных и селевых процессов. Увеличение водоотбора из Амударьи и Сырдарьи привело в одних регионах к острому дефициту качественных водных ресурсов и развитию процессов опустынивания, а в других — к подтоплению, засолению территории и активизации просадочных, суффозионных и эрозионных процессов (рис. 14.4).

Эоловые процессы постоянно действуют и широко распространены на равнинах Турана (площадь более 950 тыс. км²). Они проявляются в основном в дефляционно-аккумулятивной деятельности и соровой дефляции.

При дефляционно-аккумулятивной деятельности обе составляющие эолового процесса — развевание и отложение — одинаково интенсивны [28]. Наиболее активны они в областях развития мощных плиоценовых песчаных толщ (Заунгузские Каракумы, Кызылкум, Приаралье) и на южно-среднечетвертичных аллювиальных равнинах (Низменные Каракумы и Мулюккум). Здесь плиоцен-четвертичные отложения интенсивно переработаны ветром, который сформировал мощный покров эоловых песков с разнообразным рельефом (останцово-грядовый, грядово-ячеистый, бугристый). Собственно дефляция, т. е. выдувание и развевание мелкозернистых песков (диаметр до 0,25 мм), составляющих основную часть разреза покровных толщ Каракумов и Кызылкумов, начинается при скорости ветра 4,5—7 м/с, а грубозернистых (диаметр 1,5 мм) — при скорости 11—13 м/с. При таком ветре возникают пыльные

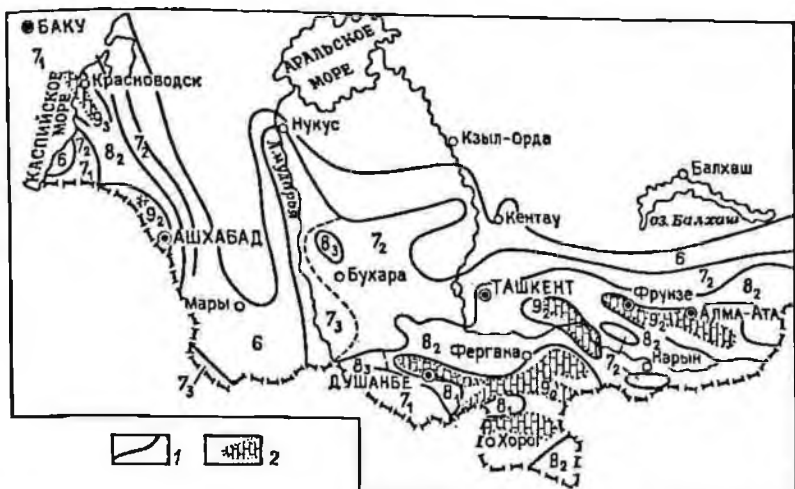


Рис. 14.3. Карта сейсмического районирования Средней Азии и Казахстана: 1 — границы зон с различной сейсмичностью (баллы); 2 — зоны возможного возникновения очагов землетрясений с $M > 7.1$. Нижний индекс обозначает вероятность того, что в ближайшие 50 лет землетрясение не произойдет: 1 — 0.5; 2 — 0.95; 3 — 0.995

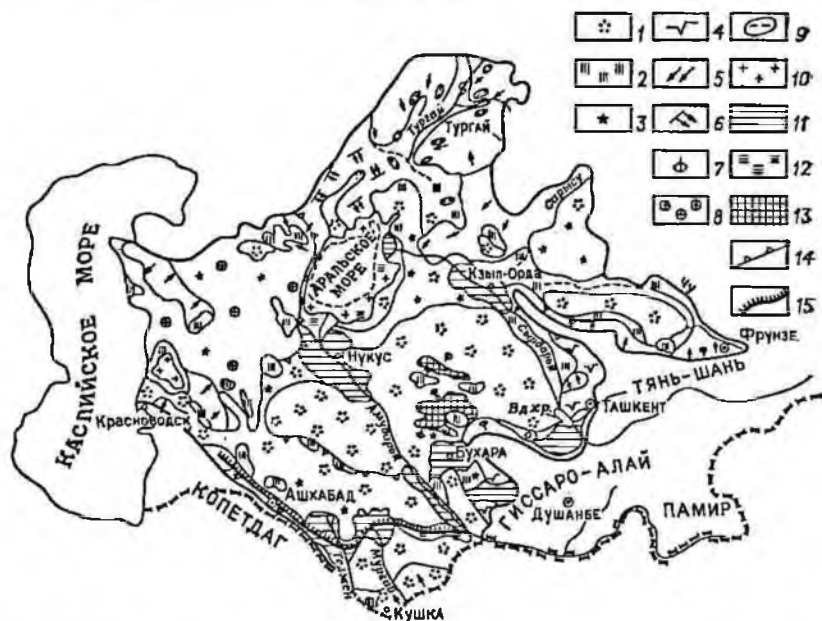


Рис. 14.4. Схема распространения экзогенных геологических процессов Туранской плиты:

1—12 — процессы (1 — эоловый, 2 — солончаковый, 3 — тапирообразование, 4 — просадочный, 5 — эрозийные, 6 — плоскостной сдвиг, 7 — селевой, 8 — карстовый, 9 — суффозионный, 10 — опустынивание, 11 — подпирание, 12 — засоление); 13 — Центрально-Кызылкумские возвышенности; 14 — чинки; 15 — Каракумский канал

бури, которые в Средней Азии бывают в среднем 70 дней в году. В пустынях Турана развиты два основных типа эоловых песков — перевесившие (неперемещенные) и навесившие (перемещенные). Первые покрывают основную часть территории песчаных пустынь, тесно связаны с подстилающим субстратом, а мощность их, как правило, соответствует глубине эолового расчленения и составляет 10—20 м, реже 30—40 м. Навесившие пески залегают на чуждом субстрате. По данным Б. А. Федоровича, к ним относятся Предконетдагская полоса песков, навесивших на периферию пролювиальной равнины, и Приузбойский песчаный вал. Грандиозный вал навесивших представляют собой пески Чальмамедкум. Массивы таких песков развиты по окраинам Бухарского, Хорезмского и других оазисов, где они засыпают земли современного и древнего орошения.

При сортовой дефляции работа ветра сочетается с солончаковыми процессами постоянной перекристаллизации солей, разрушающих любую горную породу до состояния легко уносимой ветром пыли [28]. При выдувании пыли и соли, которое происходит со скоростью от 0,4 до 70 мм/год, образуются обширные замкнутые котловины и впадины. Многие из них переуглублены на десятки и первые сотни метров (Еройландуз, Карынярын, Карагие, Карашор, Барсакельмес, Мынбулак, Молалы, Караката).

Солончаковые процессы обусловлены выщелачиванием, миграцией и накоплением различных легкорастворимых солей (хлоридных, сульфатных и карбонатных). Первичное засоление грунтов активно протекает на обширных слабодренируемых низменных пространствах аллювиально-дельтовых равнин с близким залеганием уровня грунтовых вод. Площадное засоление развито также по периферии подгорных равнин. Этот процесс приводит к образованию пухлых и мокрых солончаков. Пухлые солончаки возникают при преобладании в составе солей сульфатов (чаще всего натрия), а мокрые — связаны с хлористыми солями ($MgCl_2$, $NaCl$), обладающими гигроскопичностью. Наиболее активны процессы континентального засоления в многочисленных и глубоких котловинах и впадинах выдувания Тургая, Бетпак-Далы, Устюрта и Кызылкумов.

Процесс такрыообразования связан с периодическим увлажнением, усыханием и растрескиванием глинистых отложений в результате пролювиальной, пролювиально-делювиальной и аллювиальной аккумуляции.

Первый тип — пролювиальные такры — развиты по периферии Предконетдагской равнины и представляют собой глинистую растрескавшую пустыню шириной 25—30 км с уклоном не более 1°. Второй тип — такры — сформированы в процессе пролювиально-делювиальной и делювиальной аккумуляции и покрывают значительные пространства Устюрта. По данным Э. А. Агбальянца, А. В. Садова и А. Л. Ревзона, верхняя часть разреза такрыов представляет собой плотную серо-бурую суглинистую растрескавшуюся корку пористого или слоистого строения мощностью до 166

10 см. Под ней залегает слоистый горизонт мощностью в несколько сантиметров. Он подстилается пылевато-желтыми плотными карбонатными суглинками мощностью до 1 м, которые залегают на выветрелых известняках и мергелях сармата. Засоление корковых горизонтов не превышает 0,7 %, ниже содержание солей возрастает до 2 %. Засоление обычно носит сульфатный и сульфатно-хлоридный характер. Второй тип такыровидных поверхностей, имеющий наиболее значительные размеры (длина 10—15 км, ширина 2—5 км), развит в пределах низменных аллювиально-дельтовых равнин Сырдарьи и Амударьи и по окраинам субэвразальных дельт Зеравшана, Кашкадарьи, Теджена и Мургаба.

По В. В. Красникову, в северной части Акчадарьинской дельты Амударьи площадь такыров составляет 2300 км². В настоящее время эти такыры являются пролювиально-делювиальными. Они также сложены глинистым слегка засоленным субстратом. Преобладает хлоридно-сульфатное засоление. Корковый горизонт (2—8 см) светло-серый, крупнопористый, в сухом состоянии обладает большой прочностью, при увлажнении становится вязким. Трещины усыхания проникают на глубину 15—20 см. Подкорковый тонкопластинчатый горизонт (6—12 см) серый, иногда бурый, при увлажнении сплывается в сплошную вязкую массу. Ниже залегает бесструктурный уплотненный горизонт, мало отличающийся от неизменной почвообразованием породы. Общая мощность почвенного профиля составляет 30—40 см.

На такырах строят водохранилища, собирающие дождевые и талые воды, которые используют для водопоя скота. Во многих районах плодородные почвы такыров освоены под орошение.

Третий тип — аллювиальные такыры — образуются при высыхании и растрескивании пловатых пойменных суглинков, отложенных незарегулированными реками в периоды их разлива.

Просадочный процесс в естественных условиях протекает, как правило, на целинных землях, сложенных лёссовыми породами, в результате скопления дождевых и талых вод. Он проявляется в виде образования воронок, просадочных блюдец, которые нередко окружены серией концентрических трещин. Просадочные блюдца диаметром от 20 до 150 м с амплитудой смещения от 5 см до 1 м отмечались в Голодной и Каршинской степях. В настоящее время просадки наблюдаются во многих районах предгорий Тянь-Шаня и Копетдага.

Карстовые процессы развиты в пределах Устюрта и Мангышлака и приводят к образованию различных форм — карров, воронок, блюдец и пещер. Карстовые котловины Устюрта имеют диаметр от 100 м до 6 км и глубину 1,5—7 м. Наиболее крупные из них (Шарджа, Кашкарата, Асар, Узень, Карамандыбус) приурочены к крупным региональным тектоническим нарушениям. Длина карстовых долин в районе увала Карабаур достигает более чем 1 км при ширине около 100 м и глубине до 20 м. На дне долин часто отмечается цепь из линейно вытянутых карстовых колодцев,

воронки и котловины. Диаметр карстовых блюдечек составляет 10—30 м, глубина достигает 4 м. Дно их часто тапировидное.

Для Устюрта характерны карстовые провалы (колодцы) диаметром 20—30 м и глубиной 20—40 м (иногда до 100 м). Здесь известно около 60 пещер. Самые крупные из них — пещера-шахта Болуюк глубиной 120 м и длиной свыше 140 м и Сарыкамышская пещера длиной 200 м.

Суффозия наиболее широко развита в Тургае и в пределах плоских суглинистых аллювиально-дельтовых равнин Амударьи. В Тургае суффозия сопровождается просадкой грунтов и образованием западин диаметром от 50 м до 3 км и глубиной до 12 м. На крутых чинковых уступах развиты суффозионно-карстовые формы: колодцы и воронки глубиной 4—5 м и диаметром до 300 м.

В пределах низменных четвертичных равнин суффозия наиболее активна на засоляемых частях Акчадарьинской и Сарыкамышской дельт Амударьи. Здесь она проявляется в виде образования трещин, узких ходов, пустот и провальных воронок размером до 4×6 м и глубиной до 2 м. Площадь полей, пораженных суффозией, достигает нескольких десятков квадратных километров, коэффициент пораженности изменяется от 0,18 до 0,6.

Линейная эрозия характерна для всей предгорной зоны, а также холмогорий и низкогорий Туаркира, Мангышлака, Центральных Кызылкумов. Склоны этих поднятий часто расчленены до состояния бедленда густой сетью периодически действующих водотоков.

Плоскостной смыв широко распространен в Северном Приаралье и Тургае. Здесь он проявляется в виде параллельного отступания склонов плато и останцовых возвышенностей. Скорость отступания склонов высотой 5—10 м, сложенных каолиновыми глинами, по данным стационарных наблюдений, составляет 1—2 см в год.

Высокие темпы освоения новых поливных земель в Средней Азии, изменение структуры посевных площадей, значительное увеличение потребления стока Амударьи и Сырдарьи вызвали резкое снижение обводненности их низовьев и интенсивное падение уровня Аральского моря. Это резко ухудшило экологическую обстановку в регионе и привело к острому дефициту качественных водных ресурсов и развитию процессов опустынивания, подтопления, засоления территорий и активизации эоловых, просадочных и суффозионных процессов.

Опустынивание произошло в результате практического прекращения стока рек в котловину Аральского моря и охватило территорию Приаралья. Понижение регионального базиса эрозии в 1988 г. достигло 13 м, объем воды в чаше Арала уменьшился на 640 км³ (на 60 %), соленость возросла с 9 до 23 г/л, площадь осушенного дна составила 23 тыс. км², в некоторых местах береговая линия отступила на 60—80 км.

Территория освобожденного дна моря представляет собой сложную в литолого-геоморфологическом отношении поверхность.

Водорастворимые соли (7,5—10 %) сконцентрировались в корковом горизонте солончаков и содержание их увеличивается в направлении от берега к морю. Судя по составу солей, основным их источником является испарение грунтовых вод, сформировавшихся за счет морской воды. Кроме того, в удалении от берега распространены фитогенные бугры высотой 6—8 см, состоящие из солей (45 %) и мелкопесчанистых частиц.

С поверхности осушенное дно моря сложено солончаками (опесоченными) хлоридно-сульфатного состава с содержанием водорастворимых солей 2—5 %. Дельтовые отложения представлены слоистыми напластованиями песка, супеси, суглинка и глины.

Уровень подземных вод с удалением от моря понижился на 0,7—2 м. Образовалась песчано-суглинистая солончаковая пустыня — источник пыли и солей, разносимых на громадные пространства (до 400 км в длину и на 40 км в ширину). Опасные атмосферные потоки достигают оазисов в низовьях Амударьи и Сырдарьи. Примерно 15—75 млн. т солей и пыли ежегодно поднимается в воздух. В южной части бывшего морского дна уже формируются песчаные массивы, которые со скоростью до 1 км в год продвигаются на юг.

Постепенное уменьшение стока рек и снижение базиса эрозии приводят к развитию опустынивания вверх по течению вдоль дельт рек. В результате этого процесса с трудом предсказуемыми последствиями в настоящее время дополнительно к трем региональным пустыням (Каракумы, Кызылкум и плато Устюрт) формируется четвертая — Аральская.

Ежегодный ущерб от негативных процессов усыхания Аральского моря только по территории Узбекской ССР составляет 100—120 млн. руб., в сложившейся ситуации в перспективе он может возрасти до 600 млн. руб. в год, а суммарная потеря всего природного потенциала составит 10—11 млрд. руб.

Подтопление наиболее широко распространено в зонах со слабой дренированностью, приуроченных к речным долинам предгорных зон и дельтам крупных рек. Локальное подтопление наблюдается на Предкопетдагской предгорной равнине и предгорных равнинах, обрамляющих хребты Киргизский и Каратау. Оно происходит на участках естественного высокого положения уровня грунтовых вод (УГВ) в зоне сближения с дневной поверхностью зеркала предгорных потоков грунтовых вод, образующейся на переходе от вершинных частей конусов выноса, сложенных галечниками, к мелкоземистым породам, развитым по периферии. Зоны, где уровень грунтовых вод залегает на глубине 0,5—2 м, представлены узкой полосой (3—5 км).

Площадное, региональное, подтопление территории распространено в пределах низменных аккумулятивных равнин в зонах с недостаточной дренированностью (менее 3 тыс. м³/га), не обеспечивающей подземный сток при искусственном усилении питания грунтовых вод. К ним относятся все крупные массивы земель в бассейнах Амударьи, Мургаба, Теджена, Зеравшана, Кашкадарьи,

Сырдарьин и Чу, охваченные орошением (древние оазисы — Бухарский, Хорезмский, Ташаузский, Мургабский, Тедженский — и водохозяйственные районы более позднего образования — Голодностепский, Каршинский, Каракалпакский, Кызыл-Ординский, Арысь-Туркестанский, Чуйский и др.).

Особенно интенсивно процесс подтопления начал развиваться в последние 25—30 лет в результате строительства магистральных каналов и водохранилищ, позволивших увеличить площадь орошения более чем на 1,2 млн. га и улучшить водообеспеченность сотен тысяч гектаров ранее орошавшихся земель. В таких же и даже несколько более крупных масштабах возросла площадь подтопленных земель.

Особую остроту и актуальность в рассматриваемом регионе приобрела проблема подтопления грунтовыми водами территории городов. В настоящее время подтопление отмечается почти в 200 городах и населенных пунктах, расположенных в основном на аккумулятивных равнинах и окружающих орошаемыми площадями. Благодаря гидростатическому выравниванию давления в четвертичном водоносном комплексе зеркало грунтовых вод устанавливается в соответствии с УГВ на прилегающих орошаемых площадях — на глубине менее 3 м. Наряду с этим региональным фоном действуют местные источники подтопления. Из них наиболее характерны фильтрационные потери воды из ирригационной сети, утечки из городской водопроводной и канализационной сети, в сумме достигающие 10 тыс. м³/га в год, причем основную часть (до 50 %) составляют фильтрационные потери из ирригационных каналов. При совокупном воздействии указанных факторов зеркало грунтовых вод во всех городах (Мары, Теджен, Чарджоу, Ташауз, Ургенч, Нукус, Бухара, Карши, Туркестан, Кызыл-Орда и др.) находится на глубине 1—3 м. Процесс подтопления часто способствует развитию просадочных деформаций в лёссовых породах, набуханию в глинах, возникновению тиксотропных явлений при сейсмическом воздействии, растворению гипса, суффозии и засолению почв.

Вторичное засоление наиболее широко распространено в среднем и нижнем течении Амударьи и Сырдарьи. Процесс засоления земель связан с развитием орошаемого земледелия и возникает в зонах близкого залегания УГВ и интенсивного испарения высокоминерализованных грунтовых вод. Наиболее типичными понами засоленных почв являются Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} и NO_3^- . В результате концентрация солей в почвенном растворе может оказаться в 50—100 раз больше, чем в оросительной воде. На степень и характер засоления влияют особенности выбранного ирригационного режима (способ и режим орошения), состав сельскохозяйственных культур, нормы полива и другие факторы. На орошаемых массивах для борьбы с засолением проводится промывка полей, при этом удаляются легкорастворимые соли, улучшается состояние и повышается плодородие почв. В настоящее время в оазисах наиболее широко распространены слабо- и средnezасолен-

ные почвы. Грунтовые воды имеют минерализацию 2—10 г/л с преобладанием в составе сульфатов и хлоридов натрия и магния; вблизи каналов минерализация снижается до 0,5—2 г/л. Однако в последние годы из-за увеличения площади орошаемых земель возросли объемы возвратной воды, которая по сравнению с исходной претерпела значительные изменения по минерализации и химическому составу и является источником вторичного засоления пород.

Просадочный процесс в лёссовых породах наиболее широко развит на берегах оросительных каналов и в основании зданий и сооружений, вызывая их деформацию. Просадка интенсивно протекает при первичном замачивании лёссовых пород и проявляется в появлении серий трещин, развивающихся параллельно каналу с амплитудой до 30 см, шириной 2—4 см и протяженностью до 40 м, формируя ступенчатую поверхность.

Таким образом, на основе природных факторов выделяются следующие области, различающиеся направленностью и интенсивностью развития экзогенных процессов: 1) приподнятые равнины и плато Северного Приаралья и Тургая с преобладающим развитием плоскостного смыва, линейной эрозии, суффозии и соровой дефляции; 2) плато Мангышлака и Устюрта, где основными процессами являются карст и такырообразование. В горном Мангышлаке и Туаркыре господствуют линейная эрозия и соровая дефляция; 3) слабоприподнятые верхнеплиоцен-среднечетвертичные песчаные равнины Каракумов, Кызылкумов и Муюнкумов, где ведущая роль принадлежит дефляционно-аккумулятивной деятельности ветра; 4) низменные позднелейстоцен-голоценовые песчано-суглинистые аллювиальные и аллювиально-дельтовые равнины больших и малых рек, в пределах которых развиты засоление, заболачивание, такырообразование и золотые процессы; 5) наклонные подгорные лёссовые и валунно-щебнисто-суглинистые равнины. Для первых наиболее характерна просадка лёссовых пород, для вторых — линейная эрозия и сели.

14.5. Региональные закономерности пространственного изменения инженерно-геологических условий

Основные региональные особенности инженерно-геологических условий. Инженерно-геологические условия Туранской плиты определяются прежде всего разнообразием ее геологического и структурно-тектонического строения, рельефа и гидрогеологической обстановки, характером и интенсивностью экзогенных геологических процессов и явлений, сейсмичностью и климатом. К основным региональным инженерно-геологическим особенностям можно отнести следующие.

1. Покров плиты образуют мощные слабодислоцированные или залегающие практически горизонтально формации различного возраста и генезиса. Наиболее широко распространены новейшие

формации и четвертичные отложения с различной степенью литификации. Рыхлые четвертичные отложения — основной объект хозяйственного освоения — развиты вдоль южной и юго-восточной окраин плиты и в ее центральной части. Вблизи гор они представлены валунно-галечными, песчано-суглинистыми и лёссовыми породами, а на равнинах — в основном песками и суглинками. Кызылкум, Заунгузские Каракумы, Бадхыз и Карабиль сложены верхнеплиоценовыми глинистыми и слаболитифицированными песчаными породами. Последние, как и более молодые четвертичные отложения, интенсивно перевезены и перекрыты мощными эоловыми песками, существенно осложняющими все виды строительства.

Более благоприятные инженерно-геологические особенности имеют крепкие карбонатные породы сармат-понта, бронирующие Мангышлак и Устюрт. В Тургае плотные, вязкие палеоген-миоценовые глины перекрыты слабоуплотненными суглинками и гравийными галечниками (10—40 м). Выходы на дневную поверхность дислоцированных глинисто-песчаных отложений мезозоя и скальных пород палеозоя крайне незначительны и приурочены к зонам поднятий с амплитудой новейшего воздымания 500—1000 м (Туаркыр, Горный Мангышлак, Султануздаг, Центральные Кызылкумы, Каракау).

2. Ярусный рельеф плиты тесно связан с ее геологическим строением. Он представляет собой сочетание разновысотных (200—400 м) структурно-денудационных равнин и плато, сложенных крепкими карбонатными и глинистыми породами палеогена и миоцен-плиоцена, приподнятых верхнеплиоценовых перевезенных песчаных (150—300 м) и четвертичных песчано-суглинистых аккумулятивных равнин (150—200 м) с характерной аридно-денудационной морфоскульптурой. По мере приближения к окраинам плиты наблюдается постепенное нарастание высот рельефа до 500 м. В целом рельеф расчленен незначительно, и только равнины Тургая прорезаны глубокими речными долинами. Обособленные выходы палеозоя образуют холмогорья и низкогорья (300—900 м).

3. В пустынях Туранской плиты грунтовые воды покровных неоген-четвертичных отложений залегают на глубинах от первых десятков до 100 м. Лишь в речных долинах, дельтах и районах интенсивного поливного земледелия УГВ приближается к дневной поверхности. Подземные воды имеют весьма пестрый состав (сульфатно-хлоридные и хлоридные сульфатные натриевые) и высокую минерализацию (3—50 г/л), которая еще больше увеличивается в зонах разгрузки и слабодренлируемых измененных равнинах. На фоне преобладающего развития соленых вод имеются крупные скопления пресных или слабоминерализованных. Они развиты на значительных пространствах Восточных Кызылкумов, Заунгузских Каракумов и на междуречье Теджена и Мургаба. На большей части территории высокоминерализованные воды агрессивны по отношению к бетонам.

4. Характер развития экзогенных процессов определяется прежде всего геологическим строением, морфоструктурными особенно-

стями рельефа и длительно господствующим аридным климатом. Многие процессы и вызванные ими явления проявились уже 2—3 млн. лет назад. К ним относятся древние оползневые блоки у подножия чинков Устюрта, гипсово-ангидритовые и карбонатные коры выветривания, бронирующие Устюрт, Денгизкульское и частично Заунгузское плато и предохраняющие их от разрушения. Начиная с плиоцена и вплоть до настоящего времени, наиболее широко развиты эоловые процессы, создавшие мощный покров эоловых песков и многочисленные дефляционные котловины и впадины. В них разгружаются грунтовые и частично напорные воды, днища покрыты мощными солончаками. Все остальные современные экзогенные геологические процессы и явления характеризуются достаточно определенной пространственной приуроченностью.

Карст широко развит на Устюрте и Мангышлаке. Суффозионные провалы приурочены в основном к рыхлым молодым аллювиально-дельтовым наносам Приаралья и Тургая. Наибольшая просадка свойственна среднечетвертичным лёссам западных предгорий Тянь-Шаня и Гиссаро-Алая. На предгорные равнины Средней Азии часто сходят мощные сели, здесь развиты оползни, линейная эрозия и оврагообразование. По периферии предгорных равнин и в дельтах рек чрезвычайно широко распространены засоление, заболачивание и подтопление. Развитие этих исторически сложившихся процессов в последние десятилетия значительно активизировано антропогенным воздействием, что чрезвычайно осложнило проведение строительных работ и мелпоративное освоение земель.

5. Юго-восточная и южная окраины Туранской плиты, примыкающие к постплатформенному орогену Тянь-Шаня и постгеосинклинальному орогену Копетдага, характеризуются высокой (7—9 баллов) сейсмичностью, являющейся одним из важнейших факторов инженерно-геологических условий.

Важнейшие общие региональные особенности изменений инженерно-геологических условий. Взаимное сочетание всех перечисленных особенностей распространения, состава и строения покровных толщ, рельефа, подземных вод, эндогенных и экзогенных геологических процессов обуславливает сложную картину пространственной изменчивости инженерно-геологических условий Туранской плиты. Прослеживается несколько уровней пространственной изменчивости инженерно-геологических условий: региональный, районный и локальный.

Региональный уровень обусловлен всем ходом геологического развития, новейшей тектоникой, нашедшей отражение в рельефе, и климатом. Эти факторы определили историческую последовательность становления и обособления крупных областей, характеризующихся комплексом типичных и важных в инженерно-геологическом отношении особенностей геологического строения, гидрогеологических условий, современных геологических процессов и явлений.

Наиболее простыми и однородными инженерно-геологическими условиями отличаются плато Устюрт и Мангышлак: крепкие из-

вестняки и мергели сармат-понта обладают здесь высокой несущей способностью, сильно минерализованные грунтовые воды залегают на большой глубине, из экзогенных процессов развиты карсты, незначительный плоскостной срыв, соровая дефляция, таковырообразование, а на чинках — оползни.

Сравнительно простые инженерно-геологические условия приущи приподнятым пластово-денудационным равнинам и плато Северного Приаралья, Тургая и Бетлак-Далы. Основанием инженерных сооружений здесь являются плотные преимущественно глинистые породы палеогена — миоцена, уплотненные суглинки жушш-лихской свиты, а местами — сдренированные гравийно-галечные и песчаные отложения. Развиты линейная эрозия, склоновые и золовые процессы.

К юго-востоку от Устьурта значительная часть плиты занята верхнеплиоценовыми приподнятыми сильно перевеянными песчаными равнинами Заунгузских Каракумов и Кызылкумов. Главной особенностью является наличие мощного покрова (до 20 м и более) глубоко расчлененных золовых песков, осложняющих все виды строительства. Выпас скота и нерегулированное движение транспорта приводят к разрушению очень елабого почвенного слоя и усилению развевания песков. В отдельных районах развиты кренкие карбонатные коры.

Южная, восточная и центральная части плиты перекрыты четвертичными песчаными и суглинистыми покровами. Сливаясь, они образуют единую область низменных аллювиальных и аллювиально-дельтовых равнин. Сложные и весьма разнообразные инженерно-геологические условия этой области сильно нарушены мелiorативным освоением крупных территорий.

Самостоятельными областями являются четвертичные подгорные равнины Тянь-Шаня и Копетдага. При промышленном и гражданском строительстве здесь необходимо учитывать сейсмичность, просадку, линейную эрозию и селевые процессы. Эти плодородные и хорошо дренируемые равнины наиболее благоприятны для полного земледелия.

В пределах перечисленных наиболее крупных областей инженерно-геологические условия в основных чертах выдержаны, но в каждой области они испытывают определенные изменения на районном уровне. Этот уровень изменчивости обусловлен прежде всего геологическими причинами, т. е. связан с литолого-фациальными особенностями покровных толщ, условиями их залегания, степенью расчлененности того или иного района. Наиболее частые изменения многих параметров инженерно-геологической обстановки присущи подгорным равнинам. Здесь развиты лёссовые покровы, обширные грубообломочные и песчано-суглинистые пролювиальные шлейфы, террасированные речные долины. Низменные четвертичные аллювиальные и аллювиально-дельтовые равнины довольно четко дифференцируются на нижне-среднеплейстоценовые перевеянные песчаные покровы и позднплейстоцен-голоценовые суглинистые равнины и сухие дельты. В Заунгузских Каракумах и

Кзылкумах на фоне мощного покрова золотых песков обособляются районы, бронированные крепкими конкреционными песчанниками, или крупные выходы более древних пород мезозоя — кайнозоя и выступы палеозоя, приуроченные к зонам антиклинальных поднятий.

Локальный уровень отражает изменение инженерно-геологической обстановки в различных районах и обусловлен геологическими и орографическими особенностями и антропогенными факторами. В качестве примера можно привести изменение мощности и просадочности лёссовых пород в зависимости от высотной зональности или расчлененности лёссового покрова. Здесь же на подгорных равнинах происходит закономерное и последовательное замещение грубообломочных отложений мелкоземами в пределах шлейфов или отдельных конусов выноса, а к их периферии приурочены зоны разгрузки подземных вод. На низменных равнинах в древних сухих дельтах часто наблюдается сочетание крупных такыров, солончаков и массивов паложенных золотых песков. Отмеченные важнейшие региональные особенности изменения инженерно-геологических условий стали основой инженерно-геологического районирования Туранской плиты.

Глава 15

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ ТУРАНСКОЙ ПЛТЫ

Предлагаемая схема инженерно-геологического районирования принципиально отличается от предшествующих. В последней схеме, опубликованной в 1978 г., среднеазиатская часть Туранской плиты была разделена на четыре региона второго порядка: Мангышлак-Устюрт-Туаркырский, Чу-Сарысуйский, Амударьинский и Сырдарьинский. Регионы были выделены без должного учета генетико-морфологических особенностей инженерно-геологической обстановки. Особенно это касается Амударьинского и Сырдарьинского регионов, в которые были объединены обширные и крайне разнородные по строению и истории новейшего геологического развития территории с существенно различными инженерно-геологическими условиями. Это потребовало уточнения классификационных признаков и системы таксономических единиц районирования.

15.1. Признаки инженерно-геологического районирования

Основная таксономическая единица — регион, который делится на области первого и второго порядка (рис. 15.1, табл. 15.1). Регион — Туранская плита — выделяется по структурно-тектоническим признакам, а области первого порядка — по геологическому строению и морфоструктурным особенностям рельефа. При их вы-

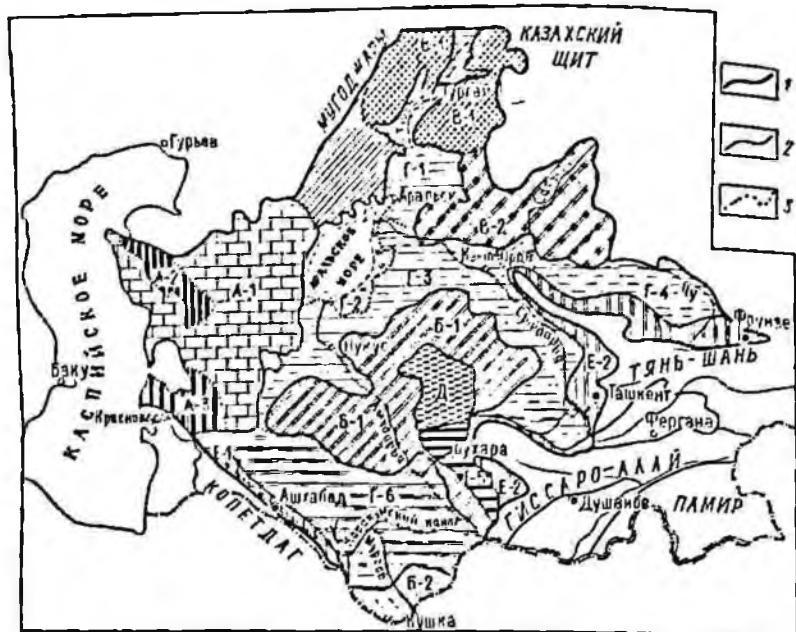


Рис. 15.1. Схема инженерно-геологического районирования Туранской плиты:
1—3 — границы Туранской плиты (1), областей первого (2) и второго (3) порядка. А-1—
В-2 — индексы инженерно-геологических областей (см. табл. 15.1).

делении учитывался весь ход геологического развития, палеогеография и новейшая тектоника, определившие историческую последовательность становления и обособления крупных частей плиты с различным строением и рельефом (см. рис. 13.3).

В областях первого порядка, охватывающих огромные пространства, покровные отложения имеют неоднородный состав. Прежде всего это связано с особенностями развития позднеплиоценовых и четвертичных речных систем и строения их аллювия. Кроме того, в пределах ряда областей новейшие тектонические движения имели резко дифференцированный характер. Они существенно осложнили структуру мезо-четвертичного покрова и вывели на дневную поверхность более древние дислоцированные толщи. Поэтому отдельные части инженерно-геологических областей первого порядка различаются характером строения рельефа и покровных толщ, чем и вызвано выделение областей второго порядка. В эти области объединяются территории близкие по строению рельефа, возрасту и генезису слагающих его формаций или стратиграфо-генетических комплексов четвертичных отложений.

Таким образом, области первого и второго порядка выделены на основе учета пространственного изменения региональных геологических факторов. При этом следует отметить, что исходя из мас-

Таблица 15.1

Инженерно-геологическое районирование Туранской плиты (см. рис. 15.1)

Инженерно-геологические области			
Первого порядка		Второго порядка	
Название	Индекс	Название	Индекс
Область приподнятых структурно-денудационных плато, бронированных морскими карбонатными отложениями миоцено-плиоцена, с низкорными сооружениями, сложенными породами палеозоя и мезозоя — кайнозоя	А	Мангышлак-Устюртская область структурно-денудационных столовых плато, бронированных известняками и мергелями сармата и понта	А-1
		Мангышлакская область низкорных выступов палеозойского фундамента и дислоцированных образований мезозоя — кайнозоя	А-2
		Туаркыр-Красноводская область структурно-денудационных холмогорий, сложенных породами палеозоя и мезозоя — кайнозоя, и плато, перекрытого карбонатно-терригенными отложениями акчагыла и алшера	А-3
Область приподнятых пластово-денудационных равнин и плато, сложенных континентальными отложениями верхнего плиоцена	Б	Заунгузско-Кызылкумская область слабо-приподнятых пластово-денудационных равнин, сложенных озерно-аллювиальными преимущественно песчаными отложениями верхнего плиоцена, перекрытыми золовыми песками, структурно-денудационных и столово-останцовых плато, бронированных карбонатной корой выветривания («шо-хом»)	Б-1
		Бадхыз-Карабильская область возвышенных пластово-денудационных расчлененных равнин, сложенных аллювиально-пролювиальными лёссовидными и песчаными отложениями верхнего плиоцена	Б-2
Область приподнятых пластово-денудационных и денудационных равнин и плато, сложенных морскими и континентальными отложениями мезозоя — кайнозоя	В	Тургай-Чагайская область структурно-денудационных столово-ступенчатых, ярусных и наклонных плато и денудационных равнин, сложенных морскими и континентальными в основном глинистыми породами палеогена и неогена с покровом (10—40 м) суглинисто-песчаных и гравийно-галечных отложений ($N_2^3-Q_1$)	В-1
		Джусалы-Бетпак-Далчская область структурно-денудационных и денудационных столово-ступенчатых и наклонных плато и равнин, сложенных морскими и континентальными отложениями мезозоя — кайнозоя	В-2

Инженерно-геологические области

Первого порядка		Второго порядка	
Название	Индекс	Название	Индекс
Область пластово-аккумулятивных и аккумулятивных низменных равнин, сложенных рыхлыми аллювиальными и аллювиально-дельтовыми четвертичными отложениями	Г	Тургай-Приаральская область пластово-аккумулятивных равнин, сложенных аллювиальными и аллювиально-озерными верхнеплейстоценовыми и четвертичными отложениями	Г-1
		Ново-Аральская область — морская равнина, сложенная засоленными песками, супесями и глинами (обсохшее дно Аральского моря)	Г-2
		Аму-Сырдарьинская область пластово-аккумулятивных среднеплейстоценовых равнин, расчлененных дефляциями, и аккумулятивных равнин, сложенных верхнечетвертичными и современными аллювиальными и аллювиально-дельтовыми отложениями	Г-3
		Чу-Сарысуйская область пластово-аккумулятивных и аккумулятивных равнин, сложенных аллювиальными четвертичными отложениями, переработанными дефляцией	Г-4
		Кашкадарья-Зеравшанская область аккумулятивных слабонаклонных и плоских равнин, сложенных четвертичными пролювиально-аллювиальными отложениями	Г-5
Область низких пологойских гор и сочлененных с ними наклонных равнин, перекрытых пролювиальными четвертичными отложениями	Д	Южно-Каракумская область субгоризонтальных и наклонных аккумулятивных равнин, сложенных нижне-среднечетвертичными аллювиальными интенсивно перевесными отложениями Амударьи и верхнеплейстоцен-голоценовыми отложениями субаральских дельт Теджена, Мургаба и североафганских рек	Г-6
		Центрально-Кызылкумская область низких пологойских гор и прилегающих наклонных денудационно-аккумулятивных равнин, сложенных образованиями мезозоя — кайнозоя, перекрытых маломощным щебнисто-галечным покровом четвертичных отложений	Д-1
Область подгорных аккумулятивных наклонных равнин, сложенных аллювиально-пролювиальными четвертичными отложениями	Е	Предкопетдагская область подгорных аккумулятивных наклонных равнин, сложенных четвертичными пролювиальными отложениями	Е-1
		Предтянь-шаньская область адыров, подгорных ступенчатых аккумулятивных равнин, сложенных четвертичными пролювиальными и аллювиальными отложениями с выступами более древних пород	Е-2

штаба схемы районирования пришлось частично отступить от основного подхода выделения инженерно-геологических областей и ряд небольших районов с различным геолого-геоморфологическим строением объединить в Туаркыр-Красноводскую, Тургай-Приаральскую и Джусалы-Бетпак-Далинскую области.

Практически все области Туранской плиты входят в пустынную зону и характеризуются постоянством зонально-геологических факторов, основные из которых — аридность климата и связанные с ней слабое увлажнение и засоление грунтовых толщ, а также чрезвычайно широкое развитие эоловых процессов. Лишь север Тургая по своим ландшафтным особенностям и климатическим условиям больше тяготеет к югу Западной Сибири.

15.2. Схема инженерно-геологического районирования

По содержанию схема инженерно-геологического районирования Туранской плиты (см. рис. 15.1 и табл. 15.1) является схемой смешанного инженерно-геологического районирования. Регион и области второго порядка выделены как единицы индивидуальности (региональные), что отражено в их названии, а области первого порядка — как единицы типологические.

Туранская плита представляет собой единый инженерно-геологический регион. Погруженный на различную глубину гетерогенный фундамент плиты перекрыт весьма разнообразным по строению платформенным чехлом, верхняя часть которого сложена довольно мощными и залегающими практически горизонтально неоген-четвертичными отложениями. На севере она сочленяется с Западно-Сибирской плитой. Граница между ними проводится условно по погребенной Кустанайской седловине. Граница с отрогами Урала и Казахским щитом проходит по линии выклинивания платформенных формаций и выходам палеозойских пород. Граница между Туранской и Русской плитами тоже условная, поскольку она никак не выражена в мезозойском осадочном чехле. Эта граница здесь проводится по северо-западному окончанию Устюрта, бронированное плато которого резко возвышается над солончаковыми низменностями Прикаспия. На юго-западе плита отделена разломом от Большого Балхана, на юге она ограничена постгеосинклинальным орогеном Копетдага, а на юго-востоке — областью постплатформенного орогенеза Тянь-Шаня и Гиссаро-Алая. Между плитой и Копетдагом расположен Предкопетдагский передовой прогиб, а зона ее сочленения с постплатформенным орогеном представлена, как правило, наложенными предорогеными прогибами. Эти прогибы, однако, не являются обязательной частью зоны сочленения и отсутствуют на стыке Центрально-Кызылкумских поднятий с Нуратинскими горами. Предкопетдагский и предорогены прогибы выполнены мощными толщами позднекайнозойских моласс. Последние перекрыты четвертичными отложениями подгорных равнин. Эти равнины, как и слагающие их рыхлые четвертичные отложения, рассматриваются совместно с нелитифициро-

ванными покровными толщами равнин Туранской плиты, с которыми они связаны постепенным переходом.

В пределах плиты выделяется пять областей первого порядка, а в зоне ее сочленения с горами Средней Азии — область подгорных аккумулятивных наклонных равнин (см. табл. 15.1). Большинство областей хорошо выражено морфологически. Особенно это характерно для областей, представленных миоцено-плиоценовыми и верхнеплиоценовыми приподнятыми равнинами и плато, ограниченными крутыми уступами (чииками). Но там, где уступы отсутствуют, границы между областями первого порядка проводятся условно. Часто это связано с постепенным переходом одного типа рельефа в другой. Так, подгорные наклонные аллювиально-пролювиальные равнины часто плавно переходят в субгоризонтальные аллювиальные равнины Туранской плиты. Местами рельеф настолько переработан эоловыми процессами, что границы между различными геоморфологическими уровнями практически не выражена. Такая картина наблюдается в Восточных Кызылкумах между областями развития верхнеплиоценовых и нижне-среднеплейстоценовых песчаных отложений.

Из областей второго порядка лишь горный Мангышлак и холмогорья Туаркира четко обособляются от обрамляющих плато. В пределах слившихся между собой аллювиально-дельтовых равнин границы между областями второго порядка в большинстве случаев условные, что объясняется сходным строением аллювия той или иной речной системы и частого их наложения друг на друга в результате смещения и миграции русел и субэразовых дельт. Поэтому для детализации этих границ необходимы средне- и крупномасштабные карты четвертичных отложений, которые для большей части Туранской плиты отсутствуют.

Проведенное районирование позволило выделить области со сходными инженерно-геологическими условиями, определяющими выбор рациональных методов инженерно-геологических исследований и строительства.

Раздел II

РЕГИОНАЛЬНОЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ТУРАНСКОЙ ПЛИТЫ

Глава 16

**ОБЛАСТЬ ПРИПОДНЯТЫХ СТРУКТУРНО-ДЕНУДАЦИОННЫХ
ПЛАТО, БРОНИРОВАННЫХ МОРСКИМИ КАРБОНАТНЫМИ
ОТЛОЖЕНИЯМИ МИОЦЕНА—ПЛИОЦЕНА, С НИЗКОГОРНЫМИ
СООРУЖЕНИЯМИ, СЛОЖЕННЫМИ ПАЛЕОЗОЙСКИМИ
И МЕЗОЗОЙСКО-КАЙНОЗОЙСКИМИ ПОРОДАМИ**

Область расположена в западной части Туранской плиты и ограничена с запада побережьем Каспийского моря, на севере — низменными равнинами Русской платформы (Прикаспийская низменность) и Чаграйским плато Тургая, на востоке — побережьем Аральского моря, на юго-востоке и юге — низменными аккумулятивными равнинами Амударьи и Узбоя.

Большая часть территории занята идеально ровными поверхностями структурно-денудационных плато, бронированных известняками и мергелями сармата и пошта. В северо-западной части она осложнена низкогорными выступами палеозойского фундамента (горы Каратау), куэстовыми грядами дислоцированных образований мезозоя — кайнозоя (Северный и Южный Актау), а на крайнем юго-западе — структурно-денудационными холмогорьями Туаркыра, сложенными породами палеозоя и мезозоя — кайнозоя.

16.1. Мангышлак-Устюртская область

Область включает обширные плато между Каспийским и Аральским морями. Слабоволнистые поверхности плато ограничиваются крутыми, чаще отвесными обрывами — чинками. Их абсолютные отметки на западе и юге Устюрта достигают 320 м (побережье Кара-Богаз-Гола и впадина Карашор). Западнее Устюрта расположено Южно-Мангышлакское плато, отделенное впадиной Карынжарык и резко обрывающееся крутыми уступами вдоль побережья Каспия. Характерные формы микрорельефа — карстово-дефляционные западины, занятые такырами и сорами, и обширные бессточные впадины с абсолютными отметками дна до —138 м (впадина Карагие). Постоянные водотоки отсутствуют, кроме рек Монаши и Сынгырлау, заканчивающихся на дне высохшего залива Мертвый Култук. В северной части Устюрта располагается группа соленых озер, а на юго-востоке — глубокая озерная впадина Ассаке-Аудан, сливающаяся с Сарыкамышской котловиной.

Основные структурные элементы области — Устьюртская синеклиз, Мангышлак-Центральная-Устьюртская гряда, Мангышлак-Устьюртский желоб и западная часть Гуркменской антеклизы.

Геологическое строение и инженерно-геологические особенности пород. Наиболее древние отложения обнажаются в основании чинки Устьюрта и представлены белым песчим мелом, мелоподобными известняками и мергелями с прослоями глины карбонатной (мело-мергельной) формации верхнего мела.

Плотность твердых частиц белого песчистого мела в среднем составляет $2,77 \text{ г/см}^3$, плотность грунта — $1,51 \text{ г/см}^3$, пористость — $45,5 \%$ при водопоглощении до 22% . Прочность породы при насыщении водой резко снижается. Временное сопротивление сжатию сухой породы составляет $(100-110) \cdot 10^5 \text{ Па}$, водонасыщенной — $20 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Мергели мелоподобные, белые и розоватые, плотность твердых частиц обычно составляет $2,75 \text{ г/см}^3$, плотность грунта — $2,05 \text{ г/см}^3$, пористость достигает 25% . В сухом состоянии сопротивление сжатию составляет $(200-250) \cdot 10^5 \text{ Па}$. Прочность твердых частиц водонасыщенных образцов не превышает $150 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Известняки более прочные. Так, прочность известняка из района молыльника Дюссей при пористости 27% в сухом состоянии составила $(423-591) \cdot 10^5 \text{ Па}$, а в водонасыщенном — $(192-360) \cdot 10^5 \text{ Па}$. Мощность прослоев глины обычно не превышает 5 м . Глины от темного до светло-серого цвета, плотные, часто с гнездами гипса. Плотность твердых частиц составляет $2,75 \text{ г/см}^3$, плотность грунта — $2,00 \text{ г/см}^3$, пористость — $38-40 \%$.

Отложения карбонатно-терригенной сероцветной формации палеоген-неогена представлены ракушечниковыми известняками с прослоями зеленовато-серых и красноватых глини, песков и песчанников. Она сплошным чехлом покрывает территорию. Отложения формации обнажены в чинках Устьюрта, на склонах бессточных впадин и по побережью Каспийского и Аральского морей. Мергели обычно мелоподобные или глинистые, светлые (светло- и розовато-серые), плитчатые, реже комковатые и плотные. Прочностные характеристики относительно высокие, но в зависимости от содержания глинистого материала резко снижаются при водонасыщении (табл. 16.1).

Известняки пумуллитовые, комковатые, плотные, светло-серые, плотность твердых частиц в среднем равна $2,80 \text{ г/см}^3$, плотность грунта — $2,45 \text{ г/см}^3$, пористость — 12% . Временное сопротивление сжатию сухой породы изменяется от $791 \cdot 10^5$ до $1290 \cdot 10^5 \text{ Па}$, водонасыщенной — от $582 \cdot 10^5$ до $657 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Плотность твердых частиц оолитовых известняков составляет $2,80 \text{ г/см}^3$, плотность грунта — $2,27 \text{ г/см}^3$, пористость — 19% , водопоглощение — до 5% . Временное сопротивление сжатию сухой породы равно $370 \cdot 10^5 \text{ Па}$, водонасыщенной — $140 \cdot 10^5 \text{ Па}$. Мергелистые известняки имеют пределы прочности на сжатие в сухом и водонасыщенном состоянии соответственно $640 \cdot 10^5$ и $610 \cdot 10^5 \text{ Па}$, плотность твердых частиц составляет $2,73 \text{ г/см}^3$, плотность грунта — $2,49 \text{ г/см}^3$, пористость — до 10% , водопоглощение — до 3% . В составе форма-

Таблица 16.1

Свойства мергелей терригенно-карбонатных сероцветной и пестроцветной формаций палеоген-неогена

Литологические разности мергелей	Плотность, г/см ³		Пори- стость, %	Водо- поглоще- ние, %	Временное сопротив- ление сжатию, 10 ³ Па	
	твердых частиц	грунта			сухой породы	при водо- насыщении
Светло-серый, плитчатый	2,71	1,49	8,1	16	137	49
Розовато-серый, глинистый, ком- коватый	2,74	—	—	—	210	Размо- кают
Светло-серый, почти белый, ме- лоподобный, плот- ный	2,76	2,13	22,8	8,3	348	198
Серый, глинистый	2,77	1,98	28,5	11,1	185	33

ции наиболее распространены известняки-ракушечники сарматско-го яруса миоцена, перекрывающие почти всю территорию области (табл. 16.2). В их химическом составе преобладают CaO (до 30 %) и соли магния (до 22 %). Нерастворимый остаток не превышает 5 %.

Глины плотные, сланцеватые, реже плитчатые, загипсованные, зеленовато-серые, реже зеленые, иногда красно-бурые и буроватые. По гранулометрическому составу относительно однородны и характеризуются значительным содержанием тонкодисперсной фракции. Число пластичности достигает 50 % при пределе текучести до 86 %, плотность твердых частиц грунта изменяется от 2,77 до 2,90 г/см³, плотность грунта — от 1,80 до 2,10 г/см³, пористость — от 40 до 54 %. Угол внутреннего трения глины при естественной влажности в зависимости от содержания мелкопесчаного материала меняется от 17 до 37°, сцепление — от 0,83·10⁵ до 1,35·10⁵ Па. Величина набухания олигоценовых глин достигает 40 % от первоначального объема.

Образования стратиграфо-генетического комплекса морских четвертичных отложений распространены вдоль побережья Каспия полосой шириной до 40 км. Максимальная мощность не превышает 30 м. В основании разреза залегают песчано-суглинистые образования, выше — известняки-ракушечники и известковистые песчаники (бакинский и хазарский горизонты). Отложения последующих хвалыньских трансгрессий представлены мелко- и среднезернистыми песками, супесями и суглинками, а отложения новокаспийской — песками и ракушей.

Вдоль чинковых уступов широко развиты супесчано-суглинистые образования стратиграфо-генетического комплекса четвертичных делювиально-пролювиальных и коллювиальных отложений. Первые представлены супесями и суглинками. Среднее значение

Свойства известняков-ракушечников карбонатно-терригенной пестроцветной формации палеоген-неогена

Район опробования	Литологические разности	Плотность, г/см ³		Пористость, %	Выползание, %, %	Временные сопротивления сжатия, кг/см ²	
		твердых частей грунта	грунта			сухой породы	при водо- насыщении
Бейнеу	Крупнопористый	—	$\frac{1,30-2,00}{- (15)}$	—	$\frac{2,7-4,3}{- (15)}$	$\frac{20,0-40,0}{27,0 (15)}$	—
Жетыбай	Светло-серый и розовый, средне- и крупнопористый	—	$\frac{1,40-2,10}{- (12)}$	—	$\frac{2,3-4,4}{- (12)}$	—	$\frac{11,5-17,9}{16,0 (12)}$
Сай-Утес	Светло-серый	—	$\frac{1,64 (-)}{-}$	—	—	$\frac{10,0-22,0}{21,0 (-)}$	$\frac{17,0-18,0}{17,0 (-)}$
Устьюртское месторожде- ние камня	"	—	$\frac{1,61 (-)}{-}$	—	—	$\frac{40,0 (-)}{-}$	$\frac{18,0 (-)}{-}$
Участки:							
Кунградский	"	$\frac{2,65-2,89}{- (13)}$	$\frac{1,63-1,90}{- (13)}$	$\frac{6,3-5,4}{- (13)}$	$\frac{9,1-18,6}{- (13)}$	—	$\frac{10,0 (13)}{-}$
Алабкек	"	$\frac{2,68-2,69}{- (-)}$	$\frac{1,35-2,10}{- (-)}$	$\frac{20,6-60,6}{- (-)}$	$\frac{3,1-3,3}{- (-)}$	$\frac{21,0-76,0}{29,0 (-)}$	$\frac{17,0-43,0}{19,0 (-)}$

Примечание. В числителе приведены предельные значения, в знаменателе — средние, в скобках — число определений.

плотности твердых частиц супесей составляет $2,74 \text{ г/см}^3$, суглинков — $2,77 \text{ г/см}^3$. Плотность грунта соответственно составляет $1,56$ и $1,44 \text{ г/см}^3$, пористость — 45 и 48% . Грунты часто просадочные. Коэффициент относительной просадочности при бытовой нагрузке для супесей составляет $0,07$, для суглинков — $0,14$. Коллювиальные отложения состоят из раздробленных до состояния дресвы и щебня глинистых и карбонатных пород или монолитных оползневых блоков, объем которых нередко достигает многих тысяч кубических метров.

Стратиграфо-генетический комплекс эоловых отложений четвертичного возраста распространен в пределах крупных песчаных массивов, образование которых связано с дефляцией песчаных пород альб-сеномана с последующей их эоловой переработкой. Пески преимущественно мелкозернистые, хорошо отсортированные, кварцевые. Содержание мелкопесчаной фракции ($0,1-0,25 \text{ мм}$) в среднем составляет примерно 75% . Плотность рыхлых песков равна $1,43 \text{ г/см}^3$, уплотненных — $1,64 \text{ г/см}^3$. Угол естественного откоса при естественной влажности составляет 31° , при водонасыщении — 30° . Коэффициент фильтрации равен $7-11 \text{ м/сут.}$

Отложения комплекса хемогенных образований четвертичного возраста приурочены к такырам и сарам. Такыры образованы песчано-глинистыми породами мощностью $3-8 \text{ м}$, соровые (собственно хемогенные) отложения состоят из сильноминерализованных пловатых глин и суглинков мощностью $8-10 \text{ м}$ и более. Породы имеют различную консистенцию и весьма сильно засолены (в некоторых случаях содержание водорастворимых солей в грунтах превышает 50%).

Подземные воды. Первый водоносный комплекс приурочен к известнякам и известковистым песчаникам карбонатно-терригенной пестроцветной формации неогена. Глубина залегания грунтовых вод меняется в широких пределах. Вдоль чинковых уступов они выклиниваются в виде отдельных источников, на водоразделах — вскрыты на глубинах $15-20 \text{ м}$, в северных частях плато — на $50-60 \text{ м}$, а на юге — более 100 м . Преобладающая минерализация $5-10 \text{ г/л}$. Воды имеют хлоридно-сульфатный натриевый и сульфатно-хлоридный натриевый состав, агрессивны к бетонам. В пределах песчаных массивов, составляющих с подстилающими породами единый водоносный комплекс, грунтовые воды залегают на глубине $1-5 \text{ м}$. Минерализация их не более 3 г/л .

Современные геологические процессы и явления. Инженерно-геологические условия территории в значительной степени определяются направленностью и интенсивностью развития трех основных физико-геологических процессов — континентального засоления поверхностных отложений, карстообразования и обвально-оползневого.

Засоление проявляется почти по всей территории. Сильная засоленность пород обуславливает их весьма высокую корродирующую способность и требует детального изучения этого процесса.

Карстообразование широко развито в районах распространения

известняков и мергелей неогена. Наиболее характерные формы проявления карста — долинообразные поля, котловины, западины, пещеры и ниши. Пораженность территории процессами карстообразования определяется в среднем как два-три проявления на 10 км² площади. На участках местных понижений рельефа, где сосредоточен поверхностный сток, густота карстовых проявлений достигает шести на 1 км². Часто отмечаются также глубокие провалы — апы, образовавшиеся вследствие обрушения кровли карстовых пустот. Это громадные колодцы с обрывистыми стенками диаметром 20—30 м и глубиной 20—40 м (иногда 100 м). Длина самых крупных пещер достигает 200 м и более.

Вдоль чинковых уступов локализованы оползни блокового типа, многоярусные. Вдоль акваторий Каспийского и Аральского морей широко развита абразия.

16.2. Мангышлакская область

Область занимает расчлененную гористо-пустынную центральную часть и-ола Мангышлак. С запад-северо-запада на восток-юго-восток она пересечена разобщенными горными массивами Каратау (Каратаучик, Западный, Восточный, Каскыржол) и Актау (Южный и Северный). Нижний ярус горных хребтов представлен относительно выровненными водоразделами с абсолютными отметками 380—420 м при относительных превышениях 250—290 м, являющимися абразионными поверхностями сарматского моря. Верхний ярус, возвышающийся на 120—150 м, представлен останцами более древнего рельефа. По обе стороны хребтов протягиваются долинообразные понижения с плоскими днищами, ограниченные кузцовыми грядами Актауских гор.

Геологическое строение и инженерно-геологические особенности пород. Территория представляет собой сложную мегантиклиналь, в ядре которой обнажаются породы пермо-триаса, юры и мела.

Отложения пермо-триаса представлены пересланяющимися плотными алевролитами, аргиллитами и мелкозернистыми песчаниками молассовой формации. Породы сильно выветрели и разбиты сетью трещин. Коэффициенты трещиноватости выветрелых пород в обнажениях составляют 0,045—0,085, прочность в сухом состоянии изменяется от $470 \cdot 10^5$ до $534 \cdot 10^5$ Па (песчаник мелкозернистый на глинистом цементе, хр. Восточный Каратау). Плотность песчаника составляет 2,25 г/см³, пористость — 20 %, водопоглощение — до 7 %. Прочность монолитных песчаников (таушинская свита нижнего триаса) для сухой породы составляет $(2670—2870) \cdot 10^5$ Па, водонасыщенной — $(2180—2800) \cdot 10^5$ Па. Плотность твердых частей монолитного песчаника равна 2,74 г/см³, плотность грунта — 2,66 г/см³, пористость достигает 3 %.

Отложения терригенной угленосной формации среднетриас-среднеюрского возраста представлены континентальными образо-

ваниями — глинами, алевролитами, песчаниками, реже песками и маломощными прослоями бурых углей. Прочность мелкозернистых песчаников для сухой породы составляет $(760-900) \cdot 10^5$ Па, водонасыщенной — $(400-500) \cdot 10^5$ Па, плотность грунта изменяется от 1,8 до 2,1 г/см³.

Породы карбонатно-терригенной формации верхней юры обнажаются в средней части куэстовой гряды севернее хр. Восточный Каратау в виде неравномерно переслаивающихся известковистых глин, плотных песчанистых известняков и тонкоплитчатых известковистых песчаников. Плотность твердых частиц глин равна 2,64 г/см³, плотность скелета грунта — 1,73 г/см³, пористость — 32 %, сцепление водонасыщенных глин — $0,27 \cdot 10^5$ Па. Плотность твердых частиц песчаников составляет 2,72 г/см³, плотность грунта — 2,47 г/см³, пористость — 10 %, временное сопротивление сжатию сухой породы — $(910-1200) \cdot 10^5$ Па, водонасыщенной — $(610-800) \cdot 10^5$ Па.

В бортах прикаратауских долин обнажаются отложения терригенной пестроцветной формации нижнего мела, представленные переслаивающимися песчаниками, алевролитами, известняками, глинами и песками. Глины темноцветные, тонкослонистые, плотные. Плотность твердых частиц составляет 2,85 г/см³, плотность скелета грунта — 1,90 г/см³. Глины тонкодисперсные, число пластичности достигает 45 % при пределе текучести 70—75 %, сцепление равно $1,25 \cdot 10^5$ Па. Песчаники тонкозернистые, желтовато-серые, плотность твердых частиц составляет 2,68 г/см³, плотность грунта — 2,57 г/см³, пористость — 4 %. Прочность на сжатие сухой породы равна $1170 \cdot 10^5$ Па, водонасыщенной — $1100 \cdot 10^5$ Па. Пески в обнажениях чаще зеленовато-серые, мелко- и тонкозернистые с горизонтами дискообразных и шаровых плотных известковистых стяжений, достигающих в поперечнике 6 м. Пески на 50—80 % состоят из зерен кварца. Содержание мелкопесчаной фракции (0,1—0,25 мм) только в единичных случаях достигает 70 %, в основном преобладают тонкопесчаные и пылеватые частицы. Плотность твердых частиц составляет 2,71—2,78 г/см³, плотность сухого песка — 1,52 г/см³, пористость — 45—48 %.

Куэстовые гряды Актауских гор почти исключительно сложены известняками, мергелями и толщами белого пшечего мела карбонатной (меломергельной) формации верхнего мела. Инженерно-геологическое описание отложений формации приведено в характеристике Мангышлак-Устюртской области. Отложения карбонатно-терригенной сероцветной формации палеоген-раннемиоценового возраста представлены глауконитовыми песками, песчанистыми известняками и мергелями эоцена, серыми и зеленовато-серыми глинами, глинистыми пластичными алевролитами олигоцена и нижнего миоцена.

Нижняя часть миоцен-плиоценовой карбонатно-терригенной пестроцветной формации сложена рыхлыми песчаниками, слонистыми глинами с прослоями мергелей и известняков, верхняя — толщей оолитовых и ракушечных известняков. Глины обычно тяжелые,

жирные. Число пластичности достигает 50 % при пределе текучести до 90 %, плотность твердых частиц составляет $2,80-2,90 \text{ г/см}^3$, плотность грунта — $1,80-1,90 \text{ г/см}^3$, угол внутреннего трения водонасыщенной породы не превышает 20° , сцепление — $0,80-10^5 \text{ Па}$. При водонасыщении глины сильно набухают, увеличиваясь в объеме в отдельных случаях на 30 %. Сумма водорастворимых солей достигает 7 % при содержании солей кальция до 60 %. Глины средние- и слабосжимаемые. В интервале уплотняющего давления ($0,5-1,0$) $\cdot 10^5 \text{ Па}$ коэффициент сжимаемости не превышает $0,5 \times 10^{-5} \text{ Па}^{-1}$.

Песчанники светло-серые, от среднезернистых с галькой до тонкозернистых. Плотность их твердых частиц в среднем составляет $2,27-2,73 \text{ г/см}^3$, плотность грунта — $1,91-2,44 \text{ г/см}^3$, пористость — 10,6—31 %. Временное сопротивление сжатию сухой породы изменяется от $186 \cdot 10^5$ до $654 \cdot 10^5 \text{ Па}$, водонасыщенной — от $70 \cdot 10^5$ до $563 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

Глинистые мергели имеют плотность твердых частиц $2,77 \text{ г/см}^3$, плотность грунта $1,98 \text{ г/см}^3$, пористость 28,5 %. Временное сопротивление сжатию сухой породы изменяется от $178 \cdot 10^5$ до $193 \times 10^5 \text{ Па}$, водонасыщенной — от $27 \cdot 10^5$ до $38 \cdot 10^5 \text{ Па}$.

Известняки-ракушечники светло- и розовато-серые, пористые (пористость 31—36 %) с плотностью твердых частиц $2,72 \text{ г/см}^3$ и плотностью грунта $1,87 \text{ г/см}^3$, водопоглощение составляет 9—10 %. Временное сопротивление сжатию сухой породы изменяется в пределах $(37-241) \cdot 10^5 \text{ Па}$, водонасыщенной — $(30-134) \cdot 10^5 \text{ Па}$. Для оолитовых известняков характерны более высокие значения показателей прочностных свойств — временное сопротивление сжатию сухой породы составляет $(791-1289) \cdot 10^5 \text{ Па}$, водонасыщенной — $(582-657) \cdot 10^5 \text{ Па}$.

Четвертичные отложения, залегающие непосредственно с поверхности, представлены различными генетическими образованиями. Наиболее широко распространены отложения стратиграфо-генетического комплекса четвертичных пролювиально-делювиальных, пролювиальных и делювиальных образований. Пролувиальные отложения приурочены к руслам многочисленных временных водотоков и обычно представлены мелким плохо окатанным гравием и щебнем. Делювиально-пролювиальные отложения (суглинки и супеси) слагают шлейфы конусов выноса и делювиально-пролювиальные равнины. Суглинки желтовато-серого цвета, макропористые с включениями дресвы и щебня. Плотность твердых частиц составляет $2,70-2,80 \text{ г/см}^3$, плотность грунта — $1,40-1,60 \text{ г/см}^3$, пористость — 45—53 %. Коэффициент относительной просадочности при замачивании под давлением $3 \cdot 10^5 \text{ Па}$ составляет 0,13—0,14. При естественной влажности суглинки среднесжимаемые ($0,04 \times 10^{-5} \text{ Па}^{-1}$). При замачивании сжимаемость суглинков значительно увеличивается (в среднем $0,248 \cdot 10^{-5} \text{ Па}^{-1}$). Плотность твердых частиц супесей изменяется от 2,68 до $2,71 \text{ г/см}^3$, плотность скелета грунта — от 1,42 до $1,73 \text{ г/см}^3$, пористость — от 35 до 48 %. При

естественной влажности супеси сжимаемые $(0,03-0,07) \cdot 10^{-5} \text{ Па}^{-1}$) после насыщения водой сильносжимаемые $(0,216 \cdot 10^{-5} \text{ Па}^{-1})$.

Подземные воды. В горном Мангышлаке на дневную поверхность выходят практически все породы от палеозойской до палеогеновой формаций. В зависимости от литологического состава они обводнены по-разному.

К породам пермо-триасовой формации, разбитым густой сетью трещин и раздробленным тектоническими нарушениями, приурочены трещинные воды. Наибольшей водообильностью (от десятых долей до 2 л/с) отличаются песчаники. Они занимают значительные пространства западной и центральной частей Западного Каратау и содержат пресные (0,3—0,8 г/л) гидрокарбонатные кальциевые воды. По мере погружения водоносного комплекса под молодые склоновые покровы минерализация увеличивается до 10 г/л и более.

Юрские и нижнемеловые отложения вблизи дневной поверхности представлены в основном глинистыми породами и характеризуются слабой водообильностью. Породы альб-нижнелуронской толщи водообильны. Подземные воды, приуроченные к ним в областях выхода на дневную поверхность, залегают неглубоко, часто на склонах выклиниваются нисходящими родниками или вскрываются колодцами глубиной 2—5 м. При удалении от Каратау водоносные горизонты погружаются на большую глубину. Дебиты изменяются от 0,001 до 0,3 л/с, а в зонах разлома достигают 1 л/с. Минерализация составляет 0,5—2 г/л.

Карбонатные и преимущественно глинистые породы формаций верхнего мела и палеогена практически безводны.

Сарматские отложения карбонатной формации неогена содержат спорадически распространенные воды в виде линз. Грунтовые воды, приуроченные к песчаным массивам, вскрываются на глубине 1—20 м. Минерализация воды преимущественно 0,8—1,5 г/л. В отдельных случаях минерализация достигает 15 г/л и воды становятся агрессивными.

Современные геологические процессы и явления. Наибольшее значение имеют процессы ветровой эрозии, карсто- и селеобразования, континентального засоления.

В результате ветровой эрозии в обнажениях известково-мергелистых пород и белого пясчег мела образуются многочисленные ячеи и ниши выдувания. Проявления карста повсеместно наблюдаются в пределах п-ова Тюбкараган в виде множества котловин, колодцев, воронок и западин с такыровидными днищами.

Селевые явления наблюдались в 1965 г. у пос. Сарыташ, вдоль всего морского побережья п-ова Тюбкараган и подножий хребтов Каратау. Возникновение селей связано с ливневыми дождями. Ввиду небольшой площади водосборов прохождение селей обычно прекращается после окончания дождя, когда расходы потока резко падают.

Весьма важный фактор инженерно-геологических условий — высокая корродирующая способность грунтов. Железные конструк-

нии, непосредственно соприкасающиеся с грунтами, в течение года могут приходить в полную негодность.

16.3. Туаркыр-Красноводская область

Область расположена в северо-западной части Туранской плиты и включает холмогорья Туаркыра, Красноводское, Чилымамедкумское и Порсокупское плато и пески Октымкум. Сюда же примыкают солончаковые равнины Кара-Богаз-Гола. В геоструктурном отношении она принадлежит к Туаркыр-Капланкырской группе поднятий и прогибов, приуроченных к западной части Туркменской антеклизы.

Геологическое строение и инженерно-геологические особенности пород. Структурно-денудационные холмогорья Туаркыра сложены породами палеозоя и мезозоя — кайнозоя (рис. 16.1). Наиболее древней является пермо-триасовая молассовая формация, сложенная конгломератами, песчаниками, алевролитами и аргиллитами с прослоями карбонатных пород (общая мощность до 4000 м). Для нижней части разреза характерны красно-бурая окраска, линзовидное залегание пород, частое фацональное замещение и наличие туфогенного материала; для верхней — светлая окраска, постепенное изменение состава от конгломератов до глин.

Плотность известняков составляет $2,36 \text{ г/см}^3$, алевролитов — $2,48 \text{ г/см}^3$, пористость аргиллитов — 4,6 %, известняков — 16,2 %. Прочностные свойства не изучены.

Мезозойско-кайнозойский разрез включает следующие формации: терригенно-угленосную нижней — средней юры, карбонатно-терригенную верхней юры, терригенную пестроцветную неокома, терригенную сероцветную ант-сенона и карбонатно-терригенную палеогена, молассовую буроцветную миоцена — среднего плиоцена, карбонатно-терригенную сероцветную верхнего плиоцена. В строении этих формаций преобладают конгломераты, песчаники, алевролиты и глины. Наиболее распространены по площади разновозрастные карбонатно-терригенные формации, которыми сложены Красноводское (верхний плиоцен) и Порсокупское (меловое) плато, а также западное погружение Туаркыра. Некоторые физические показатели мезозойско-кайнозойских отложений приведены в табл. 16.3.

Стратиграфо-генетический комплекс морских нижнечетвертичных отложений (мощность 10—40 м) ограничен обнажен на южном побережье залива Кара-Богаз-Гол и представлен разной степени сцементированными песчано-ракушечными осадками, а также конгломератами, известняками и глинами (в нижней части разреза).

Стратиграфо-генетический комплекс среднечетвертичных морских отложений (мощность 10—30 м) распространен на южном берегу Кара-Богаз-Гола, в западной и юго-западной частях Красноводского п-ова. В нижней части разреза глинистые породы за-

Таблица 163

Свойства пород угленосной формации нижней — средней юры (I)
молдасской буровишней формации миоцена — среднего плиоцена (II),
карбонатно-терригенной серовишней формации позднего плиоцена (III)

Формация	Район опробования	Порода	Плотность грунта, г/см ³	Пористость, %
I	Туаркыр	Песчаник	1,70—2,66	2,0—41,0
			2,10 (180)	22,7 (180)
		Алевролит	2,07—2,62	12,0—24,0
			2,33 (11)	16,4 (11)
		Аргиллит	1,92—2,66	3,0—28,0
			2,25 (24)	15,1 (24)
		Глина	1,51—2,59	6,00—34,00
			2,15 (120)	20,6 (120)
		Уголь	1,82—2,02	21,0—33,0
			1,90 (4)	28,0 (4)
II	Краснопопдское плато	Глина	1,52—2,23	11,0—44,0
			1,83 (23)	21,2 (23)
Известняк		1,59—2,36	10,0—42,0	
		1,98 (25)	27 (25)	
Глина		1,66—2,35	16,0—23,0	
		2,16 (11)	21,5 (11)	
Песчаник		2,11—2,21	19,0—25,0	
		2,13 (6)	21,5 (6)	

Примечание. В числителе приведены предельные значения, в знаменателе — средние, в скобках — число определений.

скелета грунта — 1,49 г/см³, естественная влажность изменяется от 1 до 10 %, коэффициент пористости — от 0,66 до 0,85 (среднее значение 0,78).

Подземные воды. Область характеризуется развитием трещинных и пластово-поровых вод. Обводненность пород различная. Палеозойские образования практически безводны. Спорадически распространены подземные воды в отложениях буровишней молдасской формации миоцена — среднего плиоцена и карбонатно-терригенной формации верхней юры. Воды соленые, обладают сульфатной агрессивностью. В карбонатных и терригенных породах нижнего мела, нижней и средней юры содержатся соленые (3—60 г/л) воды, обладающие сульфатной агрессивностью. Карбонатные глинистые породы верхнего мела и палеогена практически безводны. Пресные воды в виде линз содержатся в хвалышских (Октымкум) и повокаспийских (мыс Тарта) отложениях.

Современные геологические процессы и явления. Территория области подвержена воздействию сейсмических, эрозионных, дефляционных, селевых, карстовых и оползневых процессов, а также засолению.

По сейсмичности большая часть территории располагается в 8-балльной зоне и только Красноводский п-ов — в 9-балльной. Эрозия интенсивно развита в причинковой зоне Красноводского и Порсокупского плато, в северной и южной частях Туаркыра. Эрозионные формы представлены сетью многочисленных оврагов, врезанных саев, сухих русел временных водотоков и промоин. Глубина оврагов колеблется от нескольких до 100 м, длина — от нескольких сот метров до 10 км (овраг Акпар).

Дефляция наиболее сильно проявляется на песчаных массивах Чильмамедкум и Октымкум, а также вдоль побережья Каспийского моря.

Засоление отмечено на всей территории области. Наиболее засолены современные морские отложения, лагунные отложения Кара-Богаз-Гола, современные четвертичные отложения Кемал-Терсак-канской низины и бессточных котловин, где широко развиты солончаки. Засоление грунтов усугубляется выносом ветрами солей с акватории Кара-Богаз-Гола. Значительное обмеление залива, связанное с сооружением дамбы, увеличило интенсивность накопления в нем солей и соответственно их вынос ветром.

На южных склонах Туаркыра и Красноводского плато отмечены сели небольшой интенсивности. Были случаи размыва полотна асфальтированной автомобильной дороги Красноводск — Небитдаг.

Карстообразование подвержены известняки и песчаники карбонатно-терригенной формации верхнего палеогена в пределах Красноводского плато. В связи со скудностью этого вида осадков этот процесс ограничен.

В северных чинках Красноводского плато и в Бартаньской впадине наблюдаются древние и современные ошканы блокового типа. Здесь по глинам палеогена смешаются тортижские, сарматские и акчагыльские отложения. Объем смешивающихся масс достигает миллионов кубических метров. Процесс не наносит ущерба лишь потому, что приурочен к необжитой части территории.

Глава 17

ОБЛАСТЬ ПРИПОДНЯТЫХ ПЛАСТОВО-ДЕНУДАЦИОННЫХ РАВНИН И ПЛАТО, СЛОЖЕННЫХ КОНТИНЕНТАЛЬНЫМИ ВЕРХНЕПЛИОЦЕНОВЫМИ ОТЛОЖЕНИЯМИ

Область расположена на обширных пустынных пространствах Заунгузских Каракумов и Кызылкумов, представляющих собой приподнятые пластовые равнины, сложенные слабодислоцированными отложениями верхнего плиогена, которые перекрыты золо-

выми песками. На крайнем юге Турана она включает возвышенные равнины Бадхиза и Карабиля, также сложенные континентальными вернеплющевыми отложениями.

17.1. Заунгузско-Кызылкумская область

Область охватывает эоловые пустыни Заунгузских Каракумов, Южного Приаралья и Кызылкумов. Территория слабо населена, является зоной отгонного животноводства, газовых промыслов.

Основными структурными элементами являются Центральнo-Каракумский спод, Бухаро-Хивинская зона ступеней Амударьинской впадины, Восточно-Аральская и Сырдарьинская впадины.

Область представляет собой сочетание разновысотных вернеплющевых пластовых равнин с отдельными платообразными поверхностями, бронированными карбонатной корой выветривания. Абсолютные отметки изменяются от 90 до 300 м. Эоловый рельеф образуют грядовыми, грядово- и бугристо-ячеистыми слабозакрепленными песками с амплитудой расчленения 5—40 м. В Заунгузских Каракумах широко развит грядово-кыровый рельеф. Равнинность территории нарушается отдельными антиклинальными возвышенностями, сложенными породами мела и палеогена, а также дефляционными котловинами. В центральной части область прорезана долиной Амударьи, отделяющей Заунгузские Каракумы от Кызылкумов.

Геологическое строение и инженерно-геологические особенности пород. Пластовые равнины Заунгузских Каракумов и Кызылкумов сложены слаболигифицированными глинисто-песчаными аллювиальными и аллювиально-озерными отложениями терригенной буроватой и терригенной сероцветной формаций (рис. 17.1). На фоне сплошного развития отложений верхнего плицена возвышается обособленный палеозойский хребт Султанунздаг, а в пределах Мешеклинского, Питняк-Кабаклинского, Бузаубайского, Кошайского антиклинальных поднятий и в Карактау обнажаются глинисто-песчаные отложения сероцветной терригенной формации верхнего мела (преимущественно мергелисто-глинистые породы) и карбонатно-терригенной формации палеогена. Эоценовые глины зеленые, плотные, тонкослоистые, высоко пластичные (число пластичности 20—51 %). Плотность скелета грунта составляет 1,46—2,07 г/см³, пористость — 22,8—44,8 %. Глины сильно набухают. Относительное свободное набухание изменяется от 16 до 50 %, давление набухания — от $0,43 \cdot 10^5$ до $0,92 \cdot 10^5$ Па. Коэффициент фильтрации равен 0,004—0,016 м/сут.

Буроватая формация верхнего плицена представлена сравнительно однородной толщей (20—300 м) мелкозернистых полевошпатово-кварцевых песков и песчанков с прослоями глины и алевролитов. Местами разрез толщи венчается крепкими конкреционными песчанками («шохом») мощностью 0,5—6 м, бронирующими поверхность. В Каракумах эти отложения выделяются под назва-

свнтам соответствует атышыкольская свнта (мощность 10—50 м), разрез которой представлен желтовато-серыми мелкозернистыми полевошпатово-кварцевыми песками и песчаниками с прослоями карбонатных глин.

Песчаники слабо цементированы глинистым цементом. В обнажениях и верхней части разреза они быстро разрушаются, образуя пески с плотностью в рыхлом состоянии 1,18—1,56 г/см³, в уплотненном — 1,52—1,86 г/см³. Угол естественного откоса сухой породы изменяется от 33 до 36°, водонасыщенной — от 31 до 34°. Коэффициент фильтрации песков составляет 1,3—9,2 м/сут (по наливам). Глины плотные, тяжелые, пластичные (число пластичности 15—47 %), среднесжимаемые, с глубиной сжимаемость уменьшается. Плотность скелета грунта составляет 1,55—1,86 г/см³, пористость — 32,1—43 %. Глины преимущественно слабо набухают (4—5 %) и относительно быстро размокают (5—25 мин).

На территории области широко распространены эоловые пески, представленные в основном мелко- и тонкозернистыми разностями полимиктового состава мощностью от нескольких до 30 м и более. Плотность грунта в рыхлом состоянии составляет 1,2—1,53 г/см³, уплотненном — 1,54—1,91 г/см³, пористость соответственно 42—55 и 31—42 %. Угол естественного откоса сухой породы — 33—38°, водонасыщенной — 30—40°.

Подземные воды. В верхнеплищевых отложениях области заключен единый водоносный комплекс, залегающий на глубине от 3 до 80 м. В Зауингузских Каракумах к нему приурочены высокоминерализованные (5—45 г/л) хлоридные натриевые воды, среди которых обособляются крупные линзы пресных вод реликтового происхождения — Балкушская, Восточно-Зауингузская и Джилликумская. В Кызылкумах пресные воды, плавающие на соленых, преимущественно контролируются распространением ергашкудукской свнты (Восточные и Северные Кызылкумы). Здесь же, а также на значительной площади Западных Кызылкумов развиты воды с минерализацией 1—3, местами до 10 г/л сульфатного кальцево-натриевого состава. В Приаральских Кызылкумах преобладают соленые (10—35 г/л) хлоридно-сульфатные натриевые и хлоридные натриевые воды. В целом минерализация подземных вод увеличивается с востока на запад. Воды с минерализацией более 5 г/л обладают сульфатной, а высокоминерализованные — иногда магниезнальной и общекислотной агрессивностью. На территориях близкого залегания регионального водоупора (глины палеогена) верхнеплищевые отложения сдвинуты (Западные и Приаральские Кызылкумы).

Современные геологические процессы и явления. На территории области активно развиваются эоловые процессы, приводящие к образованию на верхнеплищевой равнине песчаных массивов различных форм. У песчаных гряд слабо перевеиваются нижняя часть склонов и межгрядовые понижения, а вершины и прилегающие склоны характеризуются наличием дефляционных язв, плащевидных скоплений или даже барханных песков, занимающих мно-

гда большие площади. Развитию дефляции способствует хозяйственная деятельность человека. Вблизи транспортных магистралей, линий газопроводов, поселков и колодцев образуются массивы разбитых обарханенных песков. Солончаковая (соровая) дефляция характерна для бессточных котловин. При этом солончаковая пыль разносится ветром на сотни километров. Скорость процесса измеряется сантиметрами в год. Солончаки развиты в местах разгрузки подземных вод и приурочены к бессточным котловинам (Муллалы, Улькенкарасор и др.). В результате сброса поливных вод с орошаемых земель по окраинам песчаных массивов образуются многочисленные озера.

17.2. Бадхыз-Карабильская область

Область расположена на крайнем юге Туранской плиты, где приурочена к южному борту Мургабской впадины и Бадхыз-Карабильской зоне поднятий, отличается неглубоким залеганием палеозойского фундамента и сокращенным разрезом мезозойско-кайнозойских отложений. Она объединяет увалисто-холмистые возвышенности Бадхыз и Карабиль с абсолютными отметками 540—900 м, к северу отметки постепенно снижаются. Для Бадхыза характерны огромные бессточные впадины, глубина которых достигает 300 м (Еройландуз) (рис. 17.2). Междуречье Кушка—Мургаб интенсивно расчленено процессами эрозии и напоминает «бедленд».

Гидрографическая сеть представлена реками Теджен и Мургаб с притоками Кушка, Кашон и Илим. Реки зарегулированы водохранилищами—Первым и Вторым Тедженскими с объемами соответственно 660 и 184 млн. м³ и Ташкепринским и Сарыязинским на Мургабе (74 и 263 млн. м³). Первое Тедженское водохранилище полностью занлено, и сейчас сооружается дополнительная емкость на 190 млн. м³.

Геологическое строение и инженерно-геологические особенности пород. Для Бадхыз-Карабильской области характерно широкое развитие ископаемых отложений, образующих терригенные буроватую и сероватую формации. Лишь на крайнем юге области в пределах северных склонов пограничных хребтов и междуречьях Кушка—Кашон и Кушка—Илим обнажаются породы карбонатно-терригенной формации данья—эоцена (мощность 700—1000 м), представленные глинами, песчаниками, алевролитами и глинистыми известняками с вулканогенной пачкой базальтов, андезитов, туфопесчаников и туфокогломератов (бадхызская свита). Глины голубовато-серые и буроватые, карбонатные, в прослоях алевролитистые; песчаники преимущественно серые, мелкозернистые, кварцевые; алевролиты также серых тонов; известняки детритовые, белые и светло-серые. Породы от мало прочных до очень прочных.

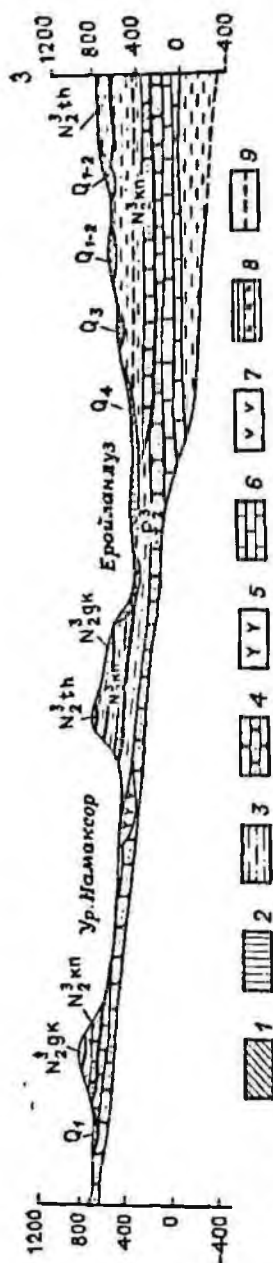


Рис. 17.2. Породы новейших формаций и стратиграфо-генетических комплексов Бадхылы:

1 — пески с прослоями глин; 2 — переслаивание песков, супесей и суглинков; 3 — песчаники; 4 — алевриты; 5 — уровень грунтовых вод; 6 — иллы; 7 — супеси; 8 — алевриты; 9 — уровень грунтовых вод.

По отдельным определениям известняки алайских слоев среднего возраста имеют плотность, твердых частиц 2,32—2,63 г/см³, водопоглощение 0,8—2,3 %, временное сопротивление сжатию в сухом состоянии (202—408) · 10⁵ Па, в водонасыщенном (63—322) · 10⁵ Па. У андезитов с плотностью твердых частиц 2,67—2,79 г/см³ временное сопротивление сжатию составляет 145,3 · 10⁵ Па, водопоглощение — 1,1—1,5 %. Песчаники крепко цементированные, пористость 10—15 %.

Терригенная буроватая формация верхнего плиоцена представлена континентальными осадками кошанской свиты (мощность 150—850 м) — преимущественно алевритами и песчаниками с прослоями гравеллитов и конгломератов, окрашенных в характерный бурый и красновато-коричневый цвет. Эти породы слагают наиболее приподнятую часть возвышенностей. Свойства их не изучены.

Терригенная сероватая формация верхнего плиоцена включает отложения геоклинской, елчйекской и тахтинской свит, представленные песчаниками, глинами, алевритами и песками. В табл. 17.1 приводятся данные о физических свойствах песчаников. В обнажениях песчаников всегда присутствует выветрелый слой мощностью 1—10 м, в пределах которого прочностные свойства пород резко ухудшаются: они становятся слабосжимаемыми под давлением (0,5—3,0) · 10⁵ Па и просадочными при замачивании под бытовой нагрузкой. В водонасыщенном состоянии выветрелые песчаники резко снижают свою механическую прочность, при испытаниях на размокание через 10—30 с образцы полностью расплываются.

Таблица 17.1

Свойства грунтов терригенной сероцветной формации верхнего плиоцена (I) и стратиграфо-генетического комплекса верхнечетвертично-современных аллювиальных отложений (II)

Формация, комплекс, район	Порода	Естественная влажность, %	Плотность, г/см ³		Коэффициент пористости	Показатели пластичности, %	
			влажной породы	скелета грунта		нижний предел	число пластичности
I. Карабиль	Песчанник	3,2—13,3	1,34—1,96	1,27—1,79	0,690—1,140	—	—
		7,3 (30)	1,70 (31)	1,52 (31)	0,820 (31)		
II. Долина р. Кушки	Песок	7,8—12,4	1,51—1,62	1,38—1,48	0,780—0,820	—	—
		10,1 (6)	1,58 (6)	1,44 (6)	0,810 (6)		
	Супесь	5,0—11,3	1,51—1,71	1,43—1,52	0,632—0,701	20—26	3—4
		8,2 (11)	1,62 (11)	1,50 (11)	0,665 (11)	24 (4)	3,5 (4)
	Суглинок	3,2—13,0	1,41—1,78	1,38—1,62	0,824—0,881	18—21	3—5
		6,52 (64)	1,55 (64)	1,46 (64)	0,863 (64)	20 (64)	4 (64)
	Глины	3,1—28,6	1,86—1,96	1,69—1,77	0,614—0,642	38—43	15—17
		11,1 (3)	1,92 (3)	1,73 (3)	0,629 (3)	43 (3)	16 (3)

Примечание. В числителе приведены предельные значения, в знаменателе — средние, в скобках — число определений.

Стратиграфо-генетический комплекс нижне-среднечетвертичных аллювиальных отложений (мощность до 30 м), известный под названием черкезлинской свиты, занимает значительные площади в северной части области (абсолютные отметки 250—300 м). Это дельтовые отложения североафганских рек — преимущественно желтовато-серые и серовато-желтые пески с прослоями глины или глинистых галек. Свойства отложений не изучены.

Стратиграфо-генетический комплекс верхнечетвертично-современных аллювиальных отложений (мощность 7—30 м) распространен по долинам Мургаба, Кушки, Кашона и Исфима. Общность генезиса и сходство показателей свойств пород позволяет рассматривать их как один комплекс. Литологически — это тонкозернистые пески, супеси, гравийно-галечники, пересланяющиеся с суглинками и глинами. Основные показатели свойств представлены в табл. 17.1.

Подземные воды. Породы всех формаций обводнены. На большей части территории грунтовые воды залегают на глубине 100—200 м, в восточном направлении глубина увеличивается до 300 м. Лишь в пограничных районах УГВ находится на глубине 30 м и более. Водовмещающие породы характеризуются слабой водообильностью, коэффициенты фильтрации не превышают 0,4 м/сут, лишь для песков елчилекской свиты $K_f = 1$ м/сут. В отложениях

терригенной формации располагаются две крупные линзы пресных вод — Бадхызская (площадь 2000 км²) и Карабильская (4000 км²). Пресные воды со всех сторон окружены солоноватыми (до 3 г/л). На остальной части области воды соленые (5—15 г/л), имеют пестрый химический состав и обладают сульфатной агрессивностью.

Современные геологические процессы и явления. На территории области широко развиты эрозионные процессы, в меньшей степени — суффозионно-просадочные.

Как южные, так и северные склоны возвышенностей Бадхыз и Карабиль, а также междуречья Кушка — Кашон и Кушка — Исшим интенсивно расчленены сетью эрозионных долин, густота и глубина которых неодинаковы. На западных и северных склонах возвышенностей долины широкие с пологими склонами, днища осложнены эоловыми формами и разделены перемычками на отдельные котловины. На южных склонах долины имеют V-образную форму и глубину вреза 160—280 м. Наиболее интенсивно, как по густоте, так и по глубине, расчленены междуречья Кушка — Кашон и Кушка — Исшим, где глубина вреза достигает 350 м (Кизилджар, Кабанья щель). Широкое развитие эрозионных процессов осложняет строительство любого вида.

На водораздельной части Карабильской возвышенности в алевритистых породах незначительно развиты суффозионно-просадочные явления, проявившиеся в виде «степных» блюд (диаметр 15—30 м, глубина 0,3—0,5 м), и суффозионные воронки глубиной до 3 м примерно таких же размеров.

Эоловому процессу подвергнуты верхнеплиоценовые отложения Елчилекской равнины и в меньшей степени нижне-среднечетвертичные отложения предгорного шлейфа Карабильской возвышенности. Основные формы рельефа Елчилекской равнины — гряды, на предгорной равнине — мелкие бугры. Масштаб эоловой переработки здесь менее значителен, чем в Центральных и Заунгузских Каракумах.

Глава 18

ОБЛАСТЬ ПРИПОДНЯТЫХ ПЛАСТОВО-ДЕНУДАЦИОННЫХ И ДЕНУДАЦИОННЫХ РАВНИН И ПЛАТО, СЛОЖЕННЫХ МОРСКИМИ И КОНТИНЕНТАЛЬНЫМИ МЕЗОЗОЙСКО-КАЙНОЗОЙСКИМИ ОТЛОЖЕНИЯМИ

Область расположена в северной части Туранской плиты и включает Тургайскую столовую страну и плато Бетпак-Дала, которые сложены горизонтально залегающими миоцен-плиоценовыми красноцветными песчано-глинистыми отложениями. Поверхность плато плавно снижается к западу от 350 до 200 м, обрываясь к долинам рек Сарысу и Чу крутыми чинковыми уступами высотой до 50 м. Пластово-денудационные равнины и плато Тургай сложены слабодислоцированными преимущественно глинистыми породами палеогена и неогена и характеризуются сложным сочетанием

нием столово-ступенчатых, ярусных и наклонных равнин и плато, изрезанных густой эрозионной сетью логов, оврагов и речных долин. Абсолютные отметки поверхности не превышают 450 м, снижаясь местами до 200 м. Глубина расчленения поверхности достигает 70 м. Обилие озерных и соровых котловин в сочетании со столовыми останцовыми возвышенностями, густая сеть эрозионных логов и оврагов по их склонам составляют своеобразие ландшафта Тургайской равнины.

18.1. Тургай-Чаграйская область

Область занимает обширную структурно-денудационную равнину, приуроченную к меридионально вытянутой депрессии Тургайского прогиба, разделяющей складчатые сооружения Урала и Центрального Казахстана. Поверхность равнины дренируется глубоко врезающимися долинами Иргиза, Улькайка, Тургая и других рек и их притоков.

К основным особенностям климата можно отнести значительные годовые амплитуды колебания температур воздуха, относительно малое количество атмосферных осадков и весьма высокую их испаряемость. Если на севере области годовое количество осадков составляет 300—350 мм, сокращаясь в засушливые годы до 150—200 мм, то в южных районах эти показатели составляют соответственно 150—200 и 65—70 мм. Безморозный период длится на севере 110—120 сут, на юге — 150—160 сут. Высота снежного покрова обычно не превышает 10 см. Глубина промерзания грунтов достигает 2,5 м. Среднегодовая скорость ветра изменяется от 3 до 6 м/с.

Геологическое строение и инженерно-геологические особенности пород. В геологическом строении области участвуют породы от неомских до четвертичных. Терригенная пестроцветная формация неокома — нижнего тулона (мощность более 200 м) представлена пересланяющимися озерными и озерно-аллювиальными глинами и алевролитами, аллювиальными и пролювиально-делювиальными разнородными песками и песчаниками. Глины пестроцветные, плотные, пластичные, часто с примесью песчаного материала. Состав глины преимущественно каолинитовый. Пески и песчаники разнородные, полимиктовые, кварцевые, часто глинистые. Песчаники сцементированы гидрослюдисто-каолинитовым цементом. Отложения формации обнажаются в северном Приарале и локально — по тальвегам наиболее глубоких эрозионных врезов — в пределах остальной части области. Физико-механические свойства пород изучены весьма плохо.

Отложения терригенно-кремнистой формации верхнего тулона — эочена (мощность более 600 м) представлены толщей морских, прибрежно-морских и лагунных осадков меловой и палеогеновой трансгрессий. В составе отложений выделяются глауконит-песчано-глинистый (существенно карбонатный) и глауконит-кремнисто-глинистый комплексы пород.

В составе первого комплекса ведущее место занимают глинистые породы, как карбонатные, так и некарбонатные, различной степени литификации. Известковистые глины плотные, монолитные, иногда с ясно выраженной слоистостью, содержат незначительную примесь глауконита. Содержание песчано-алевролитовой фракции в глинах изменяется от 5 до 60 %. На границе с водонасыщенными песками глины увлажняются, приобретая мягкопластичную консистенцию, что нередко способствует образованию оползней на относительно крутых склонах (табл. 18.1). Пески глауконит-кварцевые состоят, в верхних частях разреза тонко- и мелкозернистые, в нижних — крупно- и среднезернистые, часто глинистые, известковистые. Степень сортировки хорошая, реже средняя. Содержание песчано-алевролитовой фракции достигает 85 %. Угол откоса при естественной влажности песков не превышает 40°. Среди песков и глин часто встречаются прослои песчаников, алевритов и мергелей. Песчанники обычно зеленовато-серые, иногда темно-фиолетовые, кварцитовидные с прослоями глауконита и желваками фосфоритов. Цемент чаще карбонатный с примесью глинистого материала. Доля обломочного материала в песчанниках составляет 50—60 %. Мергели плотные, светлые.

Толща пород глауконит-кремнисто-глинистого комплекса распространена по всей территории области, обнажается в Северном Приаралье и представлена исключительно глинами, опоковидными глинами и глинистыми опоками. Опоковидные глины — плотные, с

Таблица 18.1

Свойства пород терригенно-кремнистой формации верхнего турона—эоцена (по С. С. Соколову)

Порода	Сп.тв., геологический индекс	Плотность, г/см ³		Показатели пластичности, %		Угол внутреннего трения, градусы	Сцепление, кг/Па
		твердых частиц	грунта	нижний предел	число пластичности		
Глина	Эгинсай-ская, К ₂	2,69—2,76	1,74—1,80	—	22—38	—	—
		2,72 (21)	1,76 (18)		23 (21)		
	Журавлев-ская, К ₂	2,69—2,76	1,89—1,95	—	26—32	—	—
		2,72 (21)	1,90 (28)		28 (26)		
	Чеганская, Р ₂ ¹ —Р ₂ ²	2,66—2,83	1,61—2,20	—	18—64	6—13	0,10—0,60
		2,74 (42)	1,88 (41)		37 (40)	11 (13)	0,30 (11)
Глина опоковидная и глинистая опока	Гасарон-ская, Р ₂ ¹ —Р ₂ ²	2,63—2,73	1,62—1,85	24—42	23—37	15—20	0,19—0,70
		2,68 (128)	1,75 (102)	35 (176)	31 (176)	18 (32)	0,57 (32)

Примечание. В числителе приведены предельные значения, в знаменателе — средние, в скобках — число определений.

полураковистым изломом, светло- или зеленовато-серые породы, состоящие из глинистого материала бейделитового состава и тонкодисперсного опала. С увеличением содержания кремнезема опоковидные глины переходят в глинистые опоки с меньшей плотностью грунта и повышенной гигроскопичностью (см. табл. 18.1). Плотность наиболее пористых (более 55 %) глинистых опок при естественной влажности изменяется от 1,10 до 0,98 г/см³, плотность их твердых частиц не превышает 2,30 г/см³, временное сопротивление сжатию сухой породы составляет (40—80) · 10⁵ Па, водонасыщенной — (10—15) · 10⁵ Па. Угол внутреннего трения при естественной влажности в среднем равен 25° при $c \approx 1,4 \cdot 10^5$ Па.

Пески и песчаники зеленовато-серые, иногда ярко-зеленые, состоят в основном из полукатаных зерен кварца и лопастных зерен глауконита. Пески крупно- и мелкозернистые, реже разнозернистые. Плотность твердых частиц грунта составляет 2,70 г/см³, плотность грунта при плотном сложении — 1,56 г/см³, при рыхлом — 1,37 г/см³, максимальная молекулярная влагоемкость 11,6 %, полная влагоемкость 30 % при коэффициенте водоотдачи 0,19, угол естественного откоса сухой породы равен 32°, водонасыщенной — 30°.

Отложения терригенно-лигнитоносной пестроцветной формации олигоцена — нижнего миоцена характеризуют континентальный цикл осадконакопления и представлены разнообразным по генезису и литологическому составу комплексом пород — глинами, алевролитами и песками. Глинистые породы по гранулометрическому составу весьма неоднородны и разделяются на тонкодисперсные жирные глины, суглинки и супеси. Показатели физико-механических свойств в различных возрастных подразделениях изменяются в довольно широком диапазоне, средние их значения близки между собой (табл. 18.2). В естественном залегании глины твердые и полутвердые, реже тугопластичные, преимущественно среднесжимаемые. Степень коррозионности глины определяется скоростью равномерной коррозии поверхности углеродистой стали от 4,48 до 11,2 мм в год. Песчаные породы залегают среди глинистых в виде прослоев, пропластков и линз.

Отложения терригенной пестроцветной формации миоцена — нижнего плиоцена (мощность до 250 м) характеризуют цикл континентальной седиментации и представлены толщей аллювиально-озерных и озерных образований. Обобщенные показатели свойств глинистых и песчаных пород приведены в табл. 6.2.

Терригенная сероцветная формация верхнего плиоцена — нижнего плейстоцена представлена отложениями аллювиально-озерного, озерного, элювиально-делювиального и делювиально-пролювиального генезиса. Эти отложения имеют почти повсеместное распространение в пределах плато, междуречных равнин и пологих склонов долин. Литологический состав их весьма пестрый и в значительной степени определяется составом пород субстрата. В основном это глины и суглинки, часто с большим количеством мелкообломочных включений (табл. 18.3). Характер засоления пород

Свойства пород терригенно-лигнитоносной пестроцветной формации олигоцена — плейсена (II)

Формация	Породы	Плотность, г/см ³				Коефф. индекс пористости	
		твердых частиц	грунта при естест- венной влажности	скелета грунта	песков		
					рыхлых		уплот- ненных
I	Глины	$\frac{2,74}{0,05 (84)}$	$\frac{1,94}{0,13 (85)}$	$\frac{1,60}{0,18 (84)}$	—	—	$\frac{0,69}{6,27 (78)}$
	Пески	$\frac{2,67}{0,02 (72)}$	—	—	$\frac{1,33}{0,07 (72)}$	$\frac{1,57}{0,09 (55)}$	—
II	Глины	$\frac{2,74}{0,04 (50)}$	$\frac{1,90}{0,11 (50)}$	—	—	—	—
	Суглинки	$\frac{2,70}{0,04 (25)}$	$\frac{1,85}{0,11 (23)}$	—	—	—	—
	Пески	$\frac{2,66}{0,02 (56)}$	—	—	$\frac{1,42}{0,20 (53)}$	$\frac{1,58}{0,08 (53)}$	—

Примечание. В числителе приведено среднее арифметическое значение, в знаме

обычно от сульфатного до хлоридного. Степень засоления — от средней до повышенной.

Распространение стратиграфо-генетического комплекса озерных и озерно-соровых верхнечетвертичных и современных отложений (мощность не более 20 м) локализуется в пределах плоских днщ многочисленных озерных и соровых котловин. Отложения чаще всего представлены супесями и суглинками с большим содержанием мелко- и тонкозернистого песка. Плотность твердых частиц супесей составляет 2,68—2,79 г/см³, $c = (0,025—0,05) \cdot 10^5$ Па. Степень засоления супесей средняя для хлоридно-сульфатного типа и избыточная — для хлоридного. Плотность твердых частиц суглинков составляет 2,79—2,80 г/см³, плотность грунта при естественной влажности — 1,95 г/см³, плотность скелета — 1,56 г/см³, пористость — не более 45 %. Засоление суглинков сульфатное — слабой и средней степени, сульфатно-хлоридное и содовое — средней степени и хлоридное — избыточной. В естественном залегании породы комплекса имеют различную консистенцию.

Отложения стратиграфо-генетического комплекса эоловых образований четвертичного возраста широко развиты в южной части области, где слагают серию песчаных массивов, наиболее крупные из которых — Большие и Малые Барсуки. Исходным материалом для этих образований стали песчаные породы мелового — четвертичного возраста. Представлены они преимущественно мелко-

нижнего миоцена (I) и терригенной пестроцветной формации миоцена — нижнего

Таблица 18.2

Показатели пластичности, %		Полная влагоемкость, %	Коэффициент подотдачи	Угол внутреннего трения (естественного откоса для песка)		Сцепление, 10 ³ Па	
верхний предел	число пластичности			при естественной влажности	при водонасыщении	при естественной влажности	при водонасыщении
49	27	—	—	19°	10° 20'	1,73	0,68
11,6 (86)	7,1 (86)	—	—	6° 30' (53)	4° 40' (80)	0,58 (55)	0,43 (80)
—	—	28,2	0,175	31°	23°	—	—
—	—	2,99 (52)	0,053 (73)	3° 45' (66)	4-16' (61)	—	—
41,5	22	—	—	—	21°	—	0,35
5,5 (50)	4,0 (50)	—	—	—	4-30' (44)	—	0,15 (44)
32	13	—	—	—	20° 30'	—	0,43
4,17 (24)	1,9 (25)	—	—	—	4° 15' (17)	—	0,28 (17)
—	—	25	17,5	29° 30'	22°	—	—
—	—	3,00 (51)	3,71 (51)	2° 18' (61)	3-10' (40)	—	—

шатель — среднее квадратическое отклонение, в скобках — число определений.

и тонкозернистыми (содержание фракции 0,05—0,25 мм составляет 70—75 %), реже среднезернистыми песками мощностью до 6 м, в пределах крупных массивов до 30 м. Пески преимущественно кварцевого состава. Содержание полевых шпатов не превышает 15 %. В естественном залегании пески обычно рыхлые, сыпучие. Максимальная молекулярная влагоемкость эоловых песков не превышает 11 % при полной влагоемкости порядка 25 %. Водоотдача не более 13 %. Плотность твердых частиц грунта в среднем составляет 2,65 г/см³, плотность грунта — 1,65 г/см³. Угол естественного откоса воздушно-сухого песка в среднем равен 31°. Коэффициент фильтрации изменяется от 0,2 до 6,6 м/сут.

Подземные воды. Региональный водоупор — глинистая толща отложений терригенно-кремнистой и нижней части терригенной лигнитоносной пестроцветной формаций — разделяет всю толщу мезозойско-кайнозойских отложений на два гидрогеологических этажа. Верхний (плиоцен-четвертичные отложения) характеризуется преобладанием грунтовых и слабонапорных вод, режим которых тесно связан с атмосферными осадками и режимом поверхностных водотоков. Глубина залегания этих вод в зависимости от рельефа составляет 0,2—25 м. Близкое залегание грунтовых вод типично для озерных и дефляционно-соровых котловин. Слабоминерализованные воды вскрываются обычно в элювиально-делювиальных отложениях останцовых возвышенностей и массивах эоло-

Таблица 18.3

Свойства пород терригенной сероцветной формации
верхнего миоцена — нижнего плейстоцена

Порода	Плотность, г/см ³		Коэффициент прироста	Показатели пластичности, %		Угол внутрен- него трения	Сцепле- ние, 10 ³ Па
	твердых частей	грунта		верхний предел	число пластич- ности		
Глина	2,71	1,93	0,50	45	23	—	—
	0,03 (23)	0,08 (10)	0,13 (18)	8,54 (22)	4,79 (22)		
Сугли- нок	2,69	1,82	0,62	31	12	29°	0,49
	0,03 (48)	0,13 (50)	0,13 (42)	6,58 (41)	3,17 (41)	6°15' (11)	0,29 (41)
Супесь	2,69	1,78	0,57	21	5	—	—
	0,03 (19)	0,12 (14)	0,07 (8)	2,42 (8)	1,11 (8)		

Примечание. В числителе приведены средние арифметические значения, в знаменателе — средние квадратические отклонения, в скобках — число определений.

вых песков. В пределах обширных дефляционно-соровых депрессий и озерно-соровых понижений развиты соленые воды и рассолы с минерализацией до 100 г/л и более. Общая жесткость грунтовых вод, приуроченных к отложениям терригенной сероцветной формации олигоцена — нижнего миоцена, изменяется в пределах 0,8—33 мг-экв/л. Содержание сульфатов местами достигает 17 г/л, что обуславливает весьма высокую сульфатную агрессивность вод.

Современные геологические процессы и явления. Денудационные процессы, особенно активные в пределах хорошо инсолируемых склонов западной и юго-западной экспозиции платообразных возвышенностей, вызывают специфическое, параллельное отступление этих склонов. По данным двухлетних стационарных наблюдений, средняя скорость отступления склона высотой 5—10 м, сложенного каолиновыми глинами, составила 1,5—2 см/год.

Под воздействием ветровой эрозии образуются крупные дефляционные впадины и котловины. В засушливые годы отмечаются пыльные бури, выносящие огромные количества рыхлообломочного материала. Особенно активны процессы ветровой эрозии почв. По С. С. Соколову, глубина развевания почв в отдельные годы с периода освоения целинных земель достигла 5, а местами 20 см.

Склоны плато и останцовых возвышенностей расчленены густой сетью оврагов, размеры и форма которых полностью зависят от крутизны склонов и физико-механических свойств слагающих пород. В наибольшей степени процессы овражной эрозии развиты по покровным суглинкам, супесям и песчано-алевролитовым породам терригенной сероцветной формации олигоцена — нижнего миоцена. В меньшей степени овраги развиваются по склонам дефляционно-соровых котловин и чинковым уступам. В последних

преобладают короткие, но глубокие овраги, особенно в пределах высоких (до 100 м и более) чинковых уступов Шалкарнура, Атамбас и др.

На склонах водораздельных возвышенностей широко развиты суффозионные явления, проявляющиеся в виде механического выноса тонкодисперсных частиц из водоносных и водопроницаемых пород или химического выщелачивания солей из пород зоны аэрации. В пределах чинковых уступов часто встречаются суффозионно-карстовые формы — поноры, колодцы и воронки. Размеры их изменяются в очень широких пределах; диаметр в отдельных случаях достигает 300 м, глубина — 5 м.

18.2. Джусалы-Бетпак-Далинская область

Область расположена в северо-восточной части Туранской плиты. Ее восточная часть (Присарысульская Бетпак-Дала) — это почти идеально плоская равнина, образованная на горизонтально залегающих отложениях кайнозоя, с характерным сочетанием плоских, слабовозвышенных участков и бессточных понижений — вытянутых логов протяженностью в десятки километров, глубиной 5—10 м и шириной до 5 км — или плоских депрессий, занятых такырами и солончаками. Западнее простирается также однообразная плоская равнина Восточного Приаралья, слабо наклоненная в сторону Аральского моря и осложненная невысокими столовыми останцами. К северу она переходит в интенсивно расчлененную Южно-Жиланшинскую возвышенность Восточно-Тургайского плато. Абсолютные отметки поверхности равнины изменяются от 400 до 100 м.

Наиболее крупная река — Сарысу, ее сток составляет 7 м³/с, а в период апрельских паводков достигает 60 м³/с. При этом вода в реке поднимается на 1,5—2 м и местами выходит из берегов, образуя разливы шириной до 200 м.

Геологическое строение и инженерно-геологические особенности пород. Геологические условия области определяются широким комплексом литологических разностей верхнемеловых, палеогеновых, неогеновых и четвертичных пород.

Отложения терригенной пестроцветной формации представлены фациально изменчивой толщей континентальных, прибрежно-морских и морских отложений верхнемеловых трансгрессий. Нижняя часть толщи состоит из ритмично переслаивающихся темно-серых глин и светло-серых тонкозернистых песков; выше залегают континентальные пестроцветные глины, песчаники, реже пески, перекрываемые прибрежно-морскими микрослоистыми глинами, мелко- и среднезернистыми песками и песчаниками. Верхняя часть толщи — тонкослоистые глины, алевроиты и кварцево-слистистые пески с редкими прослоями известняков. На востоке области (Бетпак-Дала) в разрезе отложений значительно распространены грубозернистые образования — гравийные пески, гравийники и галеч-

Свойства глинистых пород терригенной пестроцветной формации верхнего мела

Формация	Порода	Естественная влажность, %	Плотность, г/см ³		
			твердых частиц	грунта при естественной влажности	скелета грунта
I	Суглинок	4,2—19,1	2,65—2,78	1,49—1,95	—
		9,3 (17)	2,67 (13)	1,77 (13)	—
	Глина	22,1—24,0	2,60—2,88	1,40—2,22	1,25—1,92
		22,8 (4)	2,77 (139)	1,66 (119)	1,52 (20)
II	Глина	—	2,41—2,92	1,25—2,10	1,01—1,72
			2,75 (351)	1,69 (385)	1,49 (137)

Примечание. В числителе приведены предельные значения, в знаменателе —

ники, нередко сцементированные до конгломератов. Глины некарбонатные, микро- и тонкослоистые, опесчаненные и поэтому часто классифицируются как суглинки (табл. 18.4).

Степень коррозионности глинистых пород определяется скоростью равномерной коррозии поверхности углеродистой стали и в среднем составляет 8,76 мм/год, максимальное значение — до 16,8 мм/год. Объемная усадка глины не превышает 17 %. Пески разномзернистые, от тонко- до среднезернистых, кварцево-слюдистые, иногда с глауконитом. Плотность их твердых частиц изменяется от 2,59 до 2,71 г/см³, угол естественного откоса сухих песков составляет 28—33°.

Отложения терригенно-кремнистой формации палеоцена — эоцена представлены преимущественно глинистыми породами. В нижней части разреза они обычно зеленовато-серые, опоковые или опоквидные, плотные с полураковидным изломом, иногда слоистые с примесью терригенного алевролита и песка; в верхней части — серовато-зеленые с тонкой горизонтальной и линзовидной слоистостью, слабоизвестковистые, с прослоями алевролита и песков. Глины набухают, величина набухания достигает 15 %. Объемная усадка составляет 11 %. Коррозионность глины изменяется от 1,12 до 24,7 мм/год (в среднем 66 мм/год). Пески залегают в виде линз и прослоев, чаще всего они мелкозернистые глауконит-кварцевые. Плотность их твердых частиц в среднем составляет 2,78 г/см³, плотность грунта — 1,38 г/см³, угол естественного откоса в воздушно-сухом состоянии — 30°. Коэффициент фильтрации песков до 7 м/сут (в среднем 4,6 м/сут).

Отложения терригенной красноцветной формации олигоцен-палеоцена в пределах области распространены почти повсеместно и представлены толщей континентальных образований различного происхождения и литологического состава. Нижняя часть разреза сложена преимущественно глинистыми породами озерного и озер-

Таблица 18.4

(I) и терригенно-кремнистой формации палеоцена—эоцена (II)

Коэффициент пористости	Показатели пластичности, %		Угол внутреннего трения, градусы	Сцепление, 10^5 Па
	верхний предел	число пластичности		
0,52—0,92	20—37	7—16	—	—
0,66 (17)	29 (19)	12 (14)	—	—
0,38—1,18	36—92	17—57	25—40	0,05—1,65
0,68 (120)	43 (208)	23 (203)	30 (15)	0,29 (14)
0,20—1,28	22—92	19—73	16—39	0,02—1,80
0,81 (346)	65 (402)	35 (402)	33 (6)	0,35 (10)

средние, в скобках — число определений.

но-аллювиального генезиса. В верхней части значительную роль играют собственно аллювиальные алевриты и пески от мелко- до грубозернистых. Глины преимущественно красно-бурые, реже светло- и зеленовато-серые, жирные, неясно комковатые, иногда тонко-слоистые, при увлажнении вязкие, пластичные. Средняя плотность их твердых частиц составляет $2,75 \text{ г/см}^3$ при пределах $2,71—2,93 \text{ г/см}^3$; плотность грунта — $1,96 \text{ г/см}^3$ ($1,50—2,15 \text{ г/см}^3$); пористость — 41 % (35—48 %); число пластичности — примерно 22 %. При естественной влажности глины $c = 2,95 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ($c_{\max} = 4,5 \cdot 10^5 \text{ Па}$). Среднее значение плотности суглинков при естественной влажности составляет $1,90 \text{ г/см}^3$ при предельных значениях $1,71—2,12 \text{ г/см}^3$. Среднее значение пористости равно 41 %. Плотность твердых частиц песков изменяется от $2,64$ до $2,71 \text{ г/см}^3$ (в среднем $2,67 \text{ г/см}^3$). Угол откоса сухих песков равен 30° .

Четвертичные отложения имеют небольшую мощность и распространены ограниченно: в зависимости от генезиса они локализируются в пределах отдельных песчаных массивов (эоловые), озерных впадин (озерные и соровые) и склонов столовых останцов и возвышенностей (делювиальные и делювиально-пролювиальные). Наибольший интерес представляют стратиграфо-генетические комплексы аллювиальных отложений долин рек и эоловых образований песчаных массивов. Долины больших и малых рек выполнены аллювиальными отложениями второй и первой надпойменных террас, низкой и высокой пойм. В целом преобладают песчаные породы, однако на разных участках долин соотношение между песчаными и глинистыми породами, а также между разновидностями внутри них меняется.

Свойства песчаных пород пойм и надпойменных террас довольно сходны. Плотность твердых частиц песков различного гранулометрического состава изменяется от $2,61$ до $2,75 \text{ г/см}^3$ (в среднем $2,68 \text{ г/см}^3$), плотность песков — от $1,03$ до $1,70 \text{ г/см}^3$, в среднем

составляя для песков надпойменных террас и пойм соответственно 1,32 и 1,21 г/см³, что свидетельствует о рыхлом сложении пойменных образований. Для пойменных песков $k_f = 6,5$ м/сут, для надпойменных — $k_f < 2,5$ м/сут. Угол откоса песков при естественной влажности составляет 21—33°.

Глинистые породы распространены в основном в разрезе надпойменных террас. Плотность их твердых частиц изменяется от 2,64 до 2,89 г/см³ (в среднем 2,71 г/см³ для суглинков и супесей и 2,81 г/см³ для глины). Плотность скелета глинистых пород независимо от их возраста составляет 1,22—1,82 г/см³ (чаще 1,40—1,60 г/см³), пористость — 40—46 % для отложений надпойменных террас и 46—50 % для пойменных.

Сцепление (10⁵ Па) глины для надпойменных и пойменных отложений соответственно равно 1,6 и 1,35, суглинков — 0,77 и 0,2, супесей — 0,6 и 0,56. Объемное набухание глинистых пород в единичных случаях достигает 22,5 % и в среднем составляет для глины 12 %, для суглинков — 8 % и для супесей 13 %. Корродирующая активность глинистых пород меняется от нейтральной до 10,5 г/м² при среднем значении для грунтов первой надпойменной террасы 4,91 г/м² и для пойменных отложений 5,9 г/м², что соответствует скорости равномерной коррозии поверхности углеродистой стали соответственно 5,5 и 6,5 мм/год.

Отложения стратиграфо-генетического комплекса четвертичных эоловых образований представлены преимущественно мелкозернистыми кварцево-полевошпатовыми песками. Плотность твердых частиц песков составляет 2,60—2,74 г/см³ (в среднем 2,66 г/см³), плотность грунтов в рыхлом сложении — 1,28—1,31 г/см³, в уплотненном — 1,42—1,63 г/см³. Угол естественного откоса песков составляет 30°. Коэффициент фильтрации изменяется от 0,3 до 20 м/сут, составляя в среднем 3,8 м/сут.

Подземные воды. С отложениями формаций мела, палеогена, неогена и четвертичных комплексов пород связаны широко распространенные в пределах области грунтовые воды, формирующиеся в основном за счет просачивания зимне-весенних атмосферных осадков. В долинах рек и некоторых логах эти воды питаются поверхностными, особенно в весеннее половодье. В эоловых песках Мужонкум, Сауменкум и других на значительной части долины Сарысу и других рек грунтовые воды залегают на глубине 2—3 м и более, в районах с сильно расчлененным рельефом — 10—15 м, а в южной части Бетпак-Далы глубина их залегания достигает 30 м.

Минерализация грунтовых вод существенно зависит от приуроченности к различным возрастным и литологическим комплексам пород. В меловых отложениях она не превышает 4 г/л. По составу воды сульфатные или хлоридные натриевые. С отложениями палеоцен-эоценовой терригенно-кремнистой формации связаны грунтовые воды с минерализацией 5—10 г/л хлоридного натриевого состава. В песчано-галечниковых комплексах терригенной красноцветной формации минерализация грунтовых вод обычно составляет 1—3 г/л, повышаясь в восточной части Бетпак-Далы до 3—

5 г/л. Воды здесь сульфатные натриевые. Золотые пески содержат в основном гидрокарбонатные кальцево-магниево-натриевые пресные воды с минерализацией до 1, реже до 3 г/л. На большей части территории распространения аллювиальных отложений р. Сарысу вскрываются слабосолоноватые (1—3 г/л) хлоридные натриевые грунтовые воды. Вниз по течению Сарысу минерализация возрастает до 10—50 г/л. В долинах рек Восточно-Тургайского плато встречаются грунтовые воды различной минерализации — от пресных (до 1 г/л) до рассолов (60 г/л).

Грунтовые воды с минерализацией 3—5 г/л и более повсеместно проявляют сульфатную агрессивность к бетонам. В отдельных случаях грунтовые воды имеют $pH=5$, т. е. обладают общекислотной агрессивностью.

Современные геологические процессы и явления. Они представлены ветровой эрозией, плоскостным смывом, выветриванием, засолением и takyрообразованием и достаточно активно развиваются на всей территории области.

К факторам, которые осложняют инженерно-строительную деятельность, можно отнести высокую корродирующую способность пород некоторых геолого-генетических комплексов и агрессивность грунтовых вод по отношению к бетонам.

Глава 19

ОБЛАСТЬ ПЛАСТОВО-АККУМУЛЯТИВНЫХ И АККУМУЛЯТИВНЫХ НИЗМЕННЫХ РАВНИН, СЛОЖЕННЫХ АЛЛЮВИАЛЬНЫМИ И АЛЛЮВИАЛЬНО-ДЕЛЬТОВЫМИ ЧЕТВЕРТИЧНЫМИ ОТЛОЖЕНИЯМИ

Область объединяет низменные четвертичные аллювиальные и аллювиально-дельтовые равнины больших и малых рек Туранской плиты и Тургайской столовой страны. В структурном отношении она приурочена к зонам позднеплиоцен-четвертичного погружения.

Характерная особенность области — литологическая дифференциация аллювия. Нижне-среднечетвертичные отложения представлены в основном песками, покрывающими обширные пространства Низменных Каракумов, Восточных Кызылкумов и Муюнкумов. Верхнечетвертичный и современный аллювий состоит из песчано-суглинистых отложений, слагающих террасированные долины и многочисленные ныне сухие дельты. Мощность четвертичных отложений изменяется от нескольких до первых десятков метров, а в Голодной степи и Низменных Каракумах достигает 400 м. Нижне-среднечетвертичные песчаные толщи интенсивно переработаны ветром, сформировавшим глубоко расчлененные грядовые и грядо-во-ячеистые золотые пески. Верхнечетвертичные и современные отложения еще слабо перевезены. На них, как правило, развиты мелкогрядовые и бугристые золотые пески. Над четвертичными равнинами местами возвышаются крупные и мелкие останцовые мас-

сивы, сложенные верхнеплищевыми и более древними отложениями: Большие и Малые Барсуки, Приаральские Каракумы, Бельтау, Кушкпатау, Уч-Аджан.

Наиболее широко развиты засоление, эоловые и суффозионно-просадочные процессы. Кроме того, значительный размах приобрели техногенные процессы на освоенных территориях (подтопление и вторичное засоление грунтов).

19.1. Тургай-Приаральская область

Область приурочена к широкому меридиональному долинообразному понижению, известному в литературе под названиями Тургайской ложбины, или Тургайского желоба, и прорезающему всю территорию прогиба с севера на юг до солончаков Шалкар-Тениза. Относительно плоское дно ложбины шириной 15—70 км слабо наклонено к югу от широтного Арал-Иртышского водораздела и отделяет собственно Туранскую плиту от Западно-Сибирской. Дренаруется реками Тургай, Иргиз, Улькаяк, Сарыозен и их притоками, не имеющими постоянного водотока и летом участками пересыхающими. Ширина их русел не превышает 30 м, глубина вреза — 10 м. В рельефе хорошо выделяются только поверхности пойм, первой надпойменной и реже второй надпойменной террас.

Геологическое строение и инженерно-геологические особенности пород. Геологическое строение территории определяется условиями формирования Тургайской ложбины. Она выработана в отложениях терригенной пестроцветной формации мюценца — нижнего плиценца и заполнена различными по мощности (до 90 м) преимущественно аллювиально-озерными и аллювиальными четвертичными отложениями. В бортах ложбины обнажается только верхняя часть разреза. По гранулометрическому составу породы весьма неоднородны — от тонкодисперсных жирных глин до супесей и песков. Физико-механические свойства глинистых пород следующие: плотность твердых частиц грунта составляет $2,65—2,85 \text{ г/см}^3$ (чаще $2,77—2,79 \text{ г/см}^3$), плотность скелета грунта — $1,21—1,92 \text{ г/см}^3$ (чаще $1,55—1,60 \text{ г/см}^3$), пористость — 28—49 %, предел текучести — до 92 % (в среднем 65 %), число пластичности — 18—61 % (в среднем — 35 %), величина свободного набухания — до 40 % от первоначального объема (в среднем около 20 %), при естественной влажности в среднем $\varphi=20^\circ$, $c=(1,20—4,05) \times 10^5 \text{ Па}$ (в среднем $2,4 \cdot 10^5 \text{ Па}$), при водонасыщении $\varphi=3—18^\circ$ (в среднем 9°), $c=(0,15—1,80) \cdot 10^5 \text{ Па}$ (в среднем $0,8 \cdot 10^5 \text{ Па}$). Засоление обычно сульфатное и сульфатно-хлоридное. Степень коррозийности оценивается в 4,48—11,2 мм/год.

Песчаные образования менее распространены и залегают среди глинистых пород в виде прослоев, пропластков и линз. Пески относительно однородные, преимущественно кварцевые. Плотность твердых частиц грунта составляет $2,61—2,80 \text{ г/см}^3$, плотность грунта в рыхлом состоянии — $1,33 \text{ г/см}^3$, в уплотненном — $1,65 \text{ г/см}^3$.

угол естественного откоса сухой породы — 34° , водонасыщенной — $22-24^\circ$.

Аллювиально-озерные и аллювиальные отложения четвертичного возраста распространены в пределах области повсеместно и определяют инженерно-геологические условия ее территории.

Стратиграфо-генетический комплекс аллювиально-озерных средне-верхнепечетертичных отложений (мощность до 80 м) составляет Тургайскую ложбину и приустьевые части сливающихся с ней долин. Представлен комплекс в основном серыми, зеленовато-серыми и коричневатыми карбонатными глинами с присыпками и прослоями мелкозернистых кварцевых песков и алевроитов. Глины обладают тонкой горизонтальной или пологоволнистой слоистостью, участками содержат гнезда мелкокристаллического гипса. В верхней части разреза до глубины 5 м глины в результате выветривания облёсцованы, пористы, засолены, загипсованы и имеют облик суглинков и супесей. В составе глин преобладают тяжелые и пылеватые разности с содержанием пылевой фракции не более 50 %. Плотность твердых частиц глин до $2,82 \text{ г/см}^3$ (в среднем $2,72 \text{ г/см}^3$), плотность грунта до $2,15 \text{ г/см}^3$ (в среднем $1,90 \text{ г/см}^3$), влажность предела текучести составляет 40—45 % при числе пластичности 20—25 %. При естественной влажности в зависимости от степени опесчанивания $\varphi = 20-25^\circ$, $c = (0,28-0,25) \cdot 10^5 \text{ Па}$. Модуль деформации глин при естественной влажности изменяется от $18 \cdot 10^5$ до $520 \cdot 10^5 \text{ Па}$ (в среднем $115 \cdot 10^5 \text{ Па}$). При замачивании значение модуля деформации снижается [$(12-290) \cdot 10^5$, в среднем $62 \cdot 10^5 \text{ Па}$]. Содержание водорастворимых солей обычно не превышает 3 %. Тип засоления преимущественно хлоридно-сульфатный.

Песчаные образования обычно однородны по своему гранулометрическому составу. Плотность твердых частиц песков составляет $2,65-2,68 \text{ г/см}^3$, плотность уплотненных песков меняется от $1,52$ до $1,64 \text{ г/см}^3$, средняя плотность рыхлых песков равна $1,42 \text{ г/см}^3$. Полная влагоемкость составляет 25—26 %, водоотдача — 17—19 %, угол естественного откоса сухого песка — $27-32^\circ$, под водой — $22-23^\circ$. Среди аллювиально-озерных отложений широко развиты породы, состоящие из плотно спаянных между собой обломков глин, глинистых песчаников, дресвяников и мелкообломочных брекчий. Они образуют линзы и отдельные пакки мощностью от нескольких до 35 м.

Стратиграфо-генетический комплекс средне-верхнечетвертичных аллювиальных отложений (мощность до 20 м) составляет вторые надпойменные террасы долины Тургая, Иргиза, Улькайка и других рек и представлен преимущественно глинами, суглинками и супесями со значительным содержанием тонкого и мелкого песка. Основные показатели свойств глинистых пород комплекса приведены в табл. 19.1. Объемная усадка глинистых пород не превышает 25 %. Величина набухания составляет 14 %. Характер засоления — хлоридный и сульфатный, степень засоления сильная (до

Свойства средне-верхнечетвертичных аллювиальных отложений рек Тургай, Ир

Порода	Плотность, г/см ³		Коэффициент пористости	Показатели пластичности, %	
	твердых частиц	грунта		верхний предел	число пластичности
Глина	2,72	1,90	0,72	42	20
	0,02 (51)	0,13 (44)	0,12 (45)	4,8 (48)	2,9 (43)
Суглинок	2,71	1,85	0,64	33	13
	0,03 (41)	0,20 (42)	0,14 (42)	6,2 (36)	3,2 (36)
Супесь	2,68	1,80	0,47	21	4
	0,03 (47)	0,08 (31)	0,12 (50)	2,4 (28)	1,5 (28)

Примечание. В числителя приведены средние арифметические значения, в зна

5,1 %) для хлоридного типа засоления и слабая (до 0,2 %) для сульфатного.

Стратиграфо-генетический комплекс верхнечетвертичных и современных аллювиальных отложений (мощность до 15 м) пойменных и первых надпойменных террас, представлен преимущественно песками и в меньшей степени супесчано-суглинистыми и глинистыми породами. Пески кварцевые, по механическому составу — однородные. Суммарное содержание фракции 0,05—2 мм изменяется от 25 до 95 %, при этом на долю пыли (0,002—0,05 мм) приходится от 5 до 55 %.

Плотность твердых частиц грунта изменяется от 2,70 до 2,74 г/см³, плотность рыхлого песка — от 1,52 до 1,60 г/см³, уплотненного — от 1,63 до 1,65 г/см³, полная влагоемкость — от 33,8 до 25,6 % при водоотдаче от 18,1 до 11,7 %. Угол откоса при естественной влажности равен 39°, при водонасыщении снижается на 1°.

Средняя плотность твердых частиц супесчано-суглинистых пород составляет 2,78 г/см³, при плотности скелета 1,48 г/см³ и пористости 45 %. По просадочности грунты относятся к первой категории. Суммарная величина просадки при бытовом давлении не превышает 1,5 см. Содержание водорастворимых солей в суглинках не превышает 1,5 %. Глинистые породы имеют плотность порядка 2,80 г/см³. По числу пластичности (20—25 %) глины относятся к тяжелым.

Отложения комплекса четвертичных эоловых образований распространены в основном в южной части территории, где слагают значительные песчаные массивы. К северу на поверхности аллювиальных террас имеются лишь небольшие массивы песков. Пески однородные, желтоватые, мелко- и тонкозернистые, кварцевые, реже слюдяно-кварцевые, хорошо отсортированные. В нижней ча

Модуль общей деформации, 10^4 Па		Коэффициент сжимаемости при $p = (1-2) \cdot 10^5$ Па, $\sim 10^{-5}$ Па $^{-1}$		Коэффициент относительной просадочности при $p = 3 \cdot 10^4$ Па	Угол внутреннего трения	Сцепление, 10^4 Па
при естественной влажности	при водонасыщении	при естественной влажности	при водонасыщении			
96	58	0,010	0,020	0,008	23°	0,64
49,8 (19)	14,8 (12)	0,006 (23)	0,012 (18)	0,009 (26)	7° 54' (6)	0,23 (6)
93	—	0,020	0,020	0,030	24°	0,29
73,9 (22)	—	0,013 (32)	0,020 (31)	0,020 (27)	4° 6' (27)	0,14 (43)
—	—	0,005	0,010	—	15°	0,15
—	—	0,001 (3)	0,008 (3)	—	9° 24' (7)	0,13 (7)

менате — средние квадратические отклонения, в скобках — число определений.

сти разреза они переслаиваются с карбонатными супесями и суглинками. В естественном залегании пески обычно рыхлые, сыпучие, при увлажнении приобретают некоторую связность. Плотность их твердых частиц не превышает $2,70 \text{ г/см}^3$ (в среднем $2,65 \text{ г/см}^3$), плотность грунта составляет $1,55-1,85 \text{ г/см}^3$ (в среднем $1,65 \text{ г/см}^3$), угол естественного откоса в сухом состоянии изменяется от 25 до 34° (в среднем 31°), полная влагоемкость песков не более 25% , водоотдача равна 13% . Плотность супесчаных пород при естественной влажности изменяется от $1,53$ до $1,93 \text{ г/см}^3$ (в среднем $1,73 \text{ г/см}^3$), $\varphi \approx 39^\circ$, $c = 0,21 \cdot 10^5$ Па. Коэффициент сжимаемости при давлении $0,5 \cdot 10^5$ Па не превышает $0,05 \cdot 10^{-5} \text{ Па}^{-1}$ (в среднем $0,008 \cdot 10^{-5} \text{ Па}^{-1}$), при водонасыщении он возрастает до $0,06 \times 10^{-5} \text{ Па}^{-1}$ (в среднем $0,015 \cdot 10^{-5} \text{ Па}^{-1}$). По данным компрессионных испытаний, супесчаные грунты характеризуются как средне-сжимаемые.

Подземные воды. Песчаные породы аллювиальных отложений пойм и первой надпойменной террасы образуют единый водоносный горизонт, вскрываемый на глубине $0,5-10$ м. Минерализация вод изменяется от $0,54$ до $54,9$ г/л. Преобладают пресные воды гидрокарбонатного кальцево-натриевого состава. С повышением минерализации воды становятся хлоридными натриевыми и проявляют сульфатную агрессивность. Общая жесткость достигает 14 мг-экв/л и более, а содержание сульфата местами составляет более 7 г/л. В пределах высоких аллювиальных террас и аллювиально-озерных отложений Тургайской ложбины подземные воды распространены спорадически и вскрываются на глубине $3,9$ м. Минерализация и химический состав их весьма разнообразны — от пресных до соленых и от гидрокарбонатных до сульфатно-хлоридных. Воды повышенной минерализации агрессивны к бетонам. Эоловые песчаные массивы почти повсеместно обводнены, глуби-

на залегания УГВ составляет 1—3,5 м. Мощность водоносного горизонта обычно не превышает 8 м. На окраинах песчаных массивов и в сорных понижениях минерализация вод часто достигает значений, характерных для рассолов.

Современные геологические процессы и явления. Из экзогенных геологических процессов наиболее активны засоление грунтов и дефляция. Первый проявляется в небольших понижениях поверхности пойменных террас с близким залеганием УГВ. Внешне это выражается в широком развитии пухлых солончаков и солонцов. Ветровая эрозия наблюдается в основном на участках, лишенных растительного покрова, пахотных землях и в пределах песчаных массивов.

10.2. Ново-Аральская область

Широкая (до 90 км) полоса обошедшего дна Аральского моря, размеры которого сократились более чем на треть, представляет собой унылую, серую, лишенную растительности солончаковую пустыню, усеянную раковинами моллюсков. Эту пустыню, которой еще нет на географических картах, можно назвать Ново-Аральской. На месте отступившего Арала сейчас простирается солончаково-суглинистая такироподобная равнина, не изученная в инженерно-геологическом отношении. Описание ее дается по юго-западной части, где в пределах бывших Муйнакского и Аджибайского заливов до широты мыса Кара-Кибир пройден ряд скважин и шурфов.

Закономерности строения и распространения покровных отложений этой части области обусловлены последовательной сменой фациальных зон, присущих крупным мелководным озерно-морским бассейнам. Вдоль западного окончания п-ова Муйнак и под чинком Устюрта прослеживаются два невысоких (1—2 м) береговых вала на абсолютных отметках 56—57 и 53—54 м. Последнему уровню отвечает неширокая (50—500 м) полоса светло-желтых пляжных песков с дробленной ракушей и хорошо окатанной уплощенной галькой ожелезненных песчанников (п-ов Муйнак) и сарматских известняков у подножия Устюрта. Валы и пляжи уже интенсивно перевеяны. Положенный эоловый рельеф представлен буграми, чокалками и ячеями выдувания.

С конца 1950-х гг. началось быстрое отступление Арала. В 1975 г. уровень его был уже на абсолютной отметке 49 м, в 1979 г. он понизился до 46,6 м, а в 1985 г. — до 44 м. В Муйнакском заливе под маломощными (0,1—0,2 м) покровными песками или суглинками залегают подводно-дельтовые светло-серые сильно слоистые алевролиты (мощность 2 м) с прослоями суглинков и тонкозернистых песков. Первичная стручатая или тонкая косая слоистость часто нарушена текстурами подводного оползания. Алевролиты подстилаются сплошными буровато-коричневыми глинами с видимой мощностью 1,5 м.

Примыкающая к пляжам бывшая прибрежная зона шириной до 5 км сложена сильно засоленными белесо-серыми песками и пухляковыми супесями. Местами встречаются заросли зеленого тамарикса и низкой сухой полыни. Полынь росла, очевидно, еще при высоком стоянии уровня грунтовых вод и меньшем засолении. Сейчас подземные воды залегают на глубине 3 м, а минерализация их составляет 20—30 г/л. Полоса пухляковых супесей сменяется солончаково-суглинистой такыроподобной равниной. Морские имеют мощность 0,5—1 м. Подстилаются они неравномерно переслаивающимися мелкозернистыми, слюнистыми, полимиктовыми песками, супесями, алевролитами и серыми суглинками. Мощность этой верхней довольно пестрой по строению части разреза составляет 10—15 м. Ниже залегают однородные пепельно-серые суглинки с прослоями супесей и песков. Мощность четвертичных отложений в северном направлении постепенно увеличивается от 25 до 60 м. Их подстилают светло-желтые полевошпатово-кварцевые пески, серые глины и алевролиты верхнего плиоцена (30—40 м). В основании последних залегают различные горизонты палеогена и мела.

Покровные суглинки при высыхании растрескались на многоугольники размером 0,5—1,5 м. Многоугольники имеют слабо выпуклую поверхность, так как края их частично осыпались или сползли в разделяющие трещины. Трещины шириной до 30 см в стенках шурфов прослеживаются на глубине до 1 м. С поверхности суглинки сильно затронуты выветриванием, засолены и превращены в пухляковый горизонт, покрытый тонкой уплотненной корочкой. Трещины выполнены разрушенными суглинками. Концентрация соли в них значительно выше. Соль образует грязно-белую корку, которая обрамляет многоугольники. Выпуклые многоугольники и разделяющие их трещины создали первые неровности некогда идеально гладкого морского дна, по которому машина движется со скоростью не более 5 км/ч. Когда начинается ветер, все заволакивает пыльная мгла, а с пляжей и прибрежной полосы тянется песок. Он переносится на 3—5 км и образует зачаточные формы эолового рельефа.

Развевание песков, растрескивание и физико-химическое выветривание глинистых грунтов, интенсивная сорочая дефляция, несомненно, повлечут за собой создание на месте высохшей части Аральского моря переуглубленных котловин и желобов выдувания, которые после исчезновения Арала превратятся в гигантскую дефляционную впадину. Именно такое происхождение имеет впадина Арала, которая возникла в конце акчагыла. Затем она была обводнена и заполнена мощной толщей (60—120 м) рыхлых и слабо-литифицированных отложений [20]. Сейчас эти отложения разносятся ветром. Пыль и соль покрывают Приаралье и Кызылкум, ухудшая экологическое состояние этих районов.

19.3. Аму-Сырдарьинская область

Аму-Сырдарьинскую область образуют субгоризонтальные аллювиальные и аллювиально-дельтовые равнины Амударьи и Сырдарьи, занимающие юго-восточную и центральную части Туранской плиты. Современная долина Сырдарьи представлена поймой, одной или двумя (южнее Чардары) голоценовыми террасами, в основном ровными с уклоном к реке и вниз по течению, с многочисленными мелкими озерами. Обширные равнинные пространства Голодной степи, осложненные Джетысай-Сардобинским и Карай-Каройским понижениями отвечают третьей верхнечетвертичной террасе. По левобережью Сырдарьи в ее среднем течении эта терраса занимает большие площади. Над ней уступом в 20—30 м возвышается эоловая равнина восточной окраины пустыни Кызылкум, сложенная сильно перевесняными ниже-среднечетвертичными аллювиальными песками. В Восточном Приаралье находятся обширные аллювиально-дельтовые равнины Сырдарьи: Жанадарьинская, Кувадарьинская, современная Казалинская. В Южном Приаралье развиты три аллювиально-дельтовые равнины Амударьи: Акчадарьинская, Сарыкамышская и современная Приаральская. Здесь русло и пойма Амударьи, как и в низовьях Сырдарьи, незначительным уступом (2—3 м) отделены от поверхности этих равнин. Характерная особенность рельефа — отсутствие морфологически выраженных границ между дельтами, сформированными в позднечетвертичное и голоценовое время. Поверхность дельтовых равнин прорезана многочисленными ныне сухими староречьями и осложнена песчаными массивами и останцовыми возвышенностями неменовых пород.

Амударья и Сырдарья вследствие зарегулирования стока Тюя-муяунским и Чардаринским водохранилищами и разбора вод на орошение практически не доносят свои воды до Аральского моря. Значительная часть площади аллювиальных и аллювиально-дельтовых равнин освоена. Создана широкая ирригационная сеть. В результате сброса коллекторно-дренажных вод образовались два крупных озера — Сарыкамышское и Арисайское.

Геологическое строение и инженерно-геологические особенности пород. Область приурочена к северо-восточной части Амударьинской впадины, Восточно-Аральской и Сырдарьинской впадинам. Она характеризуется широким развитием разновозрастных аллювиальных четвертичных отложений. Наиболее древние из них объединены в стратиграфо-генетический комплекс ниже-среднечетвертичных аллювиальных отложений (мощность до 50 м), представленных мелко-среднезернистыми серыми полимиктовыми песками, развитыми вдоль восточной окраины пустыни Кызылкум. Пески сильно перевесяны и образуют глубоко расчлененный эоловый рельеф. Плотность их твердых частиц меняется от 2,62 до 2,69 г/см³, плотность для песков плотного сложения — от 1,49 до 1,69 г/см³, рыхлого — от 1,18 до 1,50 г/см³, пористость — от 36 до 52 %, $k_f = 6—15$ м/сут.

Стратиграфо-генетический комплекс верхнечетвертичных аллювиальных отложений составляет супесчано-суглинистую равнину Годишних под орошение. Покровные суглинки и супеси мощностью 1—10 м подстилаются песками (мощность 5—20 м) с включениями гравия. Пески серые, желтовато-серые, мелко-реже разнозернистые. Содержание глинистых частиц составляет менее 2 %, пылеватых — 6—15 %, песчаных — 84—93 %. Физико-механические свойства песков характеризуются следующими показателями: плотность твердых частиц грунта изменяется от 2,68 до 2,70 г/см³, плотность грунта плотного сложения — от 1,45 до 1,72 г/см³, плотность скелета — 1,26—1,64 г/см³, пористость — от 45,4 до 48 %. Угол естественного откоса при естественной влажности равен 32—34°. Максимальная влагоемкость составляет 2,3—12,4 %, коэффициент фильтрации достигает 16 м/сут.

Покровные суглинки серо-желтые, по содержанию пылеватых (до 70 %) и глинистых (до 18 %) фракций — тяжелые. Естественная влажность увеличивается от 2 % на неорошаемых территориях до 38 % в зонах орошения. Плотность твердых частиц грунта определяется средним значением 2,73 г/см³, при естественной влажности плотность грунта составляет 1,43—1,92 г/см³, плотность скелета — 1,26—1,64 г/см³, пористость — 40,4—55,4 %. Наименьшие значения пористости суглинков зафиксированы в зоне старого орошения. Число пластичности колеблется от 3 до 19,4 % при верхнем пределе пластичности 22,5—41,6 % [13]. Коэффициент фильтрации равен 0,04—1,87 м/сут.

Супеси залегают в виде прослоев в суглинках и представлены в основном тяжелыми разностями с плотностью твердых частиц 2,69—2,70 г/см³, плотностью грунта при естественной влажности 1,50—1,61 г/см³, плотностью скелета 1,45—1,54 г/см³. Пористость в среднем равна 42 %, $k_f = 1—1,2$ м/сут. О прочности пород можно судить по следующим показателям: при водонасыщении для суглинков $c = (0,05—1,40) \cdot 10^5$ Па, для супесей $c = 0,207 \cdot 10^5$ Па, ϕ соответственно в среднем равен 22 и 26°.

В результате орошения и подъема УГВ суглинки и супеси утратили свои просадочные свойства. Однако они в той или иной мере способны к деформации под действием дополнительного давления. На незначительных и еще неорошаемых площадях или в новоорошаемых районах породы слабопросадочные. Коэффициент относительной просадочности при замачивании под давлением $3 \cdot 10^5$ Па достигает 0,155.

Высокая засоленность этих пород (до солончаков) отмечается в понижениях, процесс засоления развивается и в зоне старого орошения. Среднезасоленные почвы в основном распространены на новоорошаемых территориях. И только вдоль каналов узкой полосой залегают незасоленные и слабо соленые почвы. Тип засоления в основном сульфатный и хлоридно-сульфатный. Сильная засоленность пород делает их коррозионными.

— Стратиграфо-генетический комплекс верхнечетвертично-современных аллювиальных отложений составляет обширные аллювиальные дельтовые равнины Амударьи и Сырдарьи. Наиболее хорошо строение комплекса изучено в пределах Амударьинских дельт. В районе Хорезма это мощная толща (до 80 м) серых песков, перекрытых с поверхности суглинками и супесями (5—10 м). Пески развиты в многочисленных староречьях и на современной пойме.

Сарыкамышская и Акчадарьинская дельты сложены переставляющимися песками, суглинками и супесями (10—30 м). Аналогично построена Жаңадарьинская дельта Сырдарьи. В пределах современной Приаральской дельты между Нукусом и Кушканатау разрез представлен песками, залегающими в виде расходящихся веером погребенных русел, прослеживающихся в рельефе слабо-выраженными валами шириной до первых сотен метров. В междуречьях понижениях комплекс представлен пойменно-озерными супесями, суглинками и глинами. Ближе к морю четко выраженных погребенных русел нет. Разрез здесь сложен преимущественно суглинками, супесями и глинами.

Пески серые от средне- и мелкозернистых в Хорезмском оазисе до тонкозернистых в современной дельте Амударьи. По составу они полимиктовые слюдяные. Среднезернистые разности содержат до 10 % глинистой фракции, до 12 % пылеватой, остальное — песчаная фракция. Коэффициенты фильтрации достигают 3 м/сут, иногда до 6 м/сут.

Мелко- и тонкозернистые пески на 59—90 % состоят из песчаной фракции и на 3—39 % — из пылеватой. В пойменных песках пылеватых частиц содержится больше, чем в русловой. Коэффициент однородности 1,8—8, k_f в зависимости от содержания пылеватой и глинистой фракций изменяется от 0,27 до 16,4 м/сут. Пески имеют плотность твердых частиц 2,64—2,82 г/см³, плотность грунта при естественной влажности — 1,38—1,50 г/см³, плотность скелета — 1,24—1,34 г/см³, коэффициент пористости составляет 0,63—1,02, угол естественного откоса сухой породы — 33—41°, водонасыщенность — 29—30°.

Среди супесей преобладают пылеватые разности, у которых число пластичности несколько выше, чем обычно у таких грунтов (табл. 19.2), в некоторых случаях они набухают. Сжимаемость у супесей при водонасыщении резко возрастает. В основном они средне-сжимаемые. Коэффициент фильтрации изменяется от 0,12 до 1,83 м/сут.

Суглинки в аллювиально-дельтовых отложениях представлены всеми разновидностями, но преобладают пылеватые. Содержание пылеватой фракции составляет 57—86 %, глинистой — 16—47 %, песчаной — 2—10 %. Показатели свойств суглинков и супесей приведены в табл. 19.3 и 19.4.

Глины в разрезе занимают подчиненное положение. Содержание песчаных частиц в них уменьшается с юга на север от 8,5 % почти до полного отсутствия.

Свойства верхнечетвертично-современных аллювиальных отложений Приральной дельты (I) и современных аллювиальных отложений долины Сырдарьи (II)

Формация	Порода	Естественная влажность, %	Плотность, г/см³			Коэффициент пористости	Показатели пластичности, %	
			твердых частиц	влажной породы	скелета грунта		нижний предел	число пластичности
I	Глина	15,0—26,8 18,2 (82)	2,67—2,70 2,69 (81)	1,19—1,86 1,54 (78)	1,41—1,71 1,45 (78)	0,57—0,91 0,85 (82)	7—22 17 (50)	13—20 18 (50)
		12,0—30,5 15,3 (33)	2,67—2,90 2,69 (128)	1,38—1,84 1,59 (52)	1,24—1,78 1,42 (52)	0,51—1,17 0,89 (33)	15—21 18 (96)	7—17 12 (96)
	Суглинок	2,0—17,0 14,7 (84)	2,65—2,82 2,70 (80)	1,21—1,81 1,47 (79)	1,11—1,69 1,39 (79)	0,59—1,43 0,94 (84)	16—28 23 (24)	5—11 6 (24)
		12,3—29,5 21,35 (120)	2,62—2,89 2,68 (60)	1,30—2,10 1,69 (120)	1,25—1,79 1,49 (120)	0,49—1,14 0,79 (118)	—	6—17 13 (122)
	Супесь	—	2,66—2,80 2,67 (62)	1,35—1,85 1,57 (32)	1,13—1,49 1,32 (32)	0,79—1,36 1,02 (16)	—	3,6—4 3,8 (17)
II	Суглинок	—	—	—	—	—	—	—
	Супесь	—	—	—	—	—	—	—

Примечание. В числителе приведены предельные значения, в знаменателе — средние, в скобках — число определений.

Таблица 193

Механические свойства стратиграфо-генетического комплекса
верхнечетвертично-современных аллювиально-дельтовых отложений
Приаральской дельты

Порода	Модуль общей деформации, 10^4 Па	Коэффициент спластичности в интервале давления (1—2) 10^5 Па, 10^{-5} Па $^{-1}$	Коэффициент относительной просадочности при давлении 3 10^5 Па	Угол внутреннего трения, градусы	Сцепление, 10^3 Па
Глина	85—810	0,005—0,212	0,001—0,270	26—34	0,20—1,50
	150 (39)	0,010 (31)	0,022 (27)	28 (42)	0,73 (42)
Суглинок	71—810	0,001—0,173	0,001—0,310	22—46	0,11—0,97
	210 (150)	0,011 (52)	0,027 (40)	27 (60)	0,36 (60)
Супесь	130—170	0,002—0,033	0,008—0,029	25—43	0,03—0,59
	140 (169)	0,009 (43)	0,023 (71)	32 (21)	0,09 (91)

Примечания. В числителе приведены предельные значения, в знаменателе — средние, в скобках — число определений.

В периферийных частях позднеспейстоцен-голоценовых сухих дельт отмечается недоуплотненность пород, что отражается в увеличении коэффициента пористости суглинков до 1,17 и супесей до 1,18, а также в уменьшении сцепления до $0,204 \cdot 10^5$ Па. Суглинки, супеси и глины в основном непресадочны, реже I типа пресадочности.

Грунты — от незасоленных до солончаков сульфатного, сульфатно-хлоридного, хлоридно-сульфатного и хлоридного типа засоления. Засоленность пород увеличивается от орошаемых площадей к неорошаемым. Незасоленные грунты имеют незначительное распространение вдоль каналов и коллекторов. Для большей части неорошаемой территории характерны слабозасоленные грунты с плотным остатком 0,1—0,3 %. Среднезасоленные грунты с плотным остатком 0,33—0,84 % с хлоридно-сульфатным типом засоления развиты на участках переложных и залежных земель. Сильнозасоленные грунты с плотным остатком 0,58—1,8 % приурочены к пониженным участкам. Наиболее засолены породы, залегающие на глубине 0—2 м, характер засоления сульфатно-хлоридный. Солончаки (плотный остаток 2—3 % и более) развиты в понижениях староорошаемой зоны, характер засоления хлоридный с повышенным содержанием сульфатов. Высокая степень засоленности грунтов обуславливает их высокую коррозионность к металлическим конструкциям (в течение года металлические конструкции полностью разрушаются).

Стратиграфо-генетический комплекс современных аллювиальных отложений слагает пойму, первую и вторую надпойменные террасы Сырдарьи и имеет двучленное строение: покровные суглинки и супеси с прослоями песка и гравия мощностью от первых

до 10 м подстилаются серыми песками с гравием и галькой. Местами пески залегают с поверхности.

Пески обычно рыхлые, недоуплотненные, реже средней плотности. Коэффициент уплотняемости составляет 0,55—0,88. Иногда на участках близкого залегания УГВ, в понижениях, они приобретают плавунные свойства. Пески разнозернистые. Содержание песчаных частиц колеблется от 50 до 96 %, пылеватых — от 4 до 30 %, глинистых — до 1 %. С глубиной гранулометрический состав практически не изменяется. Плотность грунта при естественной влажности составляет 1,53—1,64 г/см³, пористость — 43 %. Минеральный состав полевошпатово-кварцевый при значительном содержании эпидота, хлорита и роговой обманки.

Для песков характерна большая величина водоотдачи (13,5—21,5 %) при полной влагоемкости 23,5—32 %. При насыщении водой пески обладают повышенной сжимаемостью. Модуль осадки достигает 56 мм/м. Угол естественного откоса сухой породы в среднем составляет 34°, водонасыщенной — 27°. Коэффициент фильтрации варьирует от 3 до 17,6 м/сут (в среднем 5,7 м/сут).

Суглинки и супеси содержат включения в виде вкраплений, прожилок гипса и солей, комковатые, влажные. Для них характерно большое содержание песчаной фракции (18—45 %). Минеральный состав их представлен на 70 % минералами легкой (кварц, полевые шпаты, глинистые минералы) и тяжелой (лимонит, гематит, гранаты, минералы группы амфиболов) фракций.

Супеси и суглинки непросадочные, только на отдельных участках они проявляют просадку до 0,05 м. Показатели их свойств приведены в табл. 19.2 и 19.3.

Суглинки и супеси сильно засолены. Содержание хлоридных и сульфатно-хлоридных солей в грунтах зоны старого орошения первой и второй надпойменных террас составляет 1—2 %, что в 4—6 раз превышает норму. Исключение составляют земли Сырдарьинского района, где содержание солей не превышает 0,5 %. Характерная особенность — повсеместное уменьшение содержания солей с глубины 2 м; ниже грунты практически не засолены. Принимаемые в последние годы меры по устранению вторичного засоления пока не улучшили сложившуюся крайне неблагоприятную обстановку.

Стратиграфо-генетический комплекс современных морских отложений развит неширокой полосой вдоль старой береговой линии Аральского моря и составляет современную обнаженную часть его дна. Представлен он иловатыми мелко- и тонкозернистыми песками, легкими пылеватыми супесями, иловатыми суглинками. Пески доминируют в районе бывших подводных дельт Амударьи и Сырдарьи.

Пески серые, мелкозернистые, рыхлые с содержанием пылевой фракции 10,1—14 %, глинистой — 3,1—5,5 %. Плотность песков рыхлого сложения составляет 1,23—1,50 г/см³, пористость — 44—54 %. Угол естественного откоса сухой породы равен 40°, при водонасыщении — 35°, модуль деформации составляет $180 \cdot 10^5$ Па, $k_{\phi} =$

Свойства среднечетвертичных аллювиальных отложений

Пороза	Плотность, г/см³		Пористость, %	Число пластичности, %
	твердые частицы	грунта		
Гравийно-галечный	$\frac{2,75-2,77}{2,76 (2)}$	—	—	—
Песок	$\frac{2,60-2,70}{2,66 (16)}$	$\frac{1,48-1,88}{1,68 (61)}$	—	—
Супесь	$\frac{2,64-2,76}{2,70 (14)}$	$\frac{1,47-2,06}{1,81 (12)}$	$\frac{34-37}{35 (4)}$	$\frac{2-9}{6,7 (14)}$
Суглинок	$\frac{2,70-2,81}{2,79 (40)}$	$\frac{1,33-2,07}{1,70 (16)}$	$\frac{31-60}{39 (6)}$	$\frac{5-13}{8 (44)}$
Глина	$\frac{2,67-2,73}{2,72 (7)}$	$\frac{1,54-2,12}{1,78 (4)}$	—	$\frac{11-21}{15 (8)}$

Примечание. В числителе приведены предельные значения, в знаменателе —

=0,2 м/сут. Супеси серые, легкие, макропористые с содержанием песчаной фракции 14—31,9 %, пылевой — 35—52 % и глинистой — 8—14,5 %; при естественной влажности $\varphi=34^\circ$.

Суглинки коричневые состоят на 7—34,4 % из песчаной фракции, на 37—51,2 % из пылевой, на 11—14,6 % из глинистой. Среднее значение плотности твердых частиц грунта составляет 2,69 г/см³, плотность скелета грунта — 1,30—1,63 г/см³, пористость — 38—45 %. Коэффициент сжимаемости при давлении $(1-2) \cdot 10^5$ Па составляет $0,01 \cdot 10^{-5}$ Па⁻¹, при естественной влажности $\epsilon = (0,3-2,05) \cdot 10^{-5}$ Па и $\varphi=19-28^\circ$, $I_p=7,9-16$ % при $\omega_L=24,8-38$ %, $k_f=0,08-8$ м/сут. Глины коричневые, известковистые, содержат 5—29,1 % песчаной фракции, 36,4—50 % — пылевой и 34,5—41 % — глинистой. Плотность твердых частиц грунта составляет 2,73 г/см³, плотность грунта при естественной влажности — 1,79 г/см³, пористость — 45,3 %. Грунты слабoplastичные: $I_p=12$ % при $\omega_L=31$ %; $\epsilon=0,35 \cdot 10^{-5}$ Па. Глины имеют очень низкие коэффициенты фильтрации ($k_f < 0,04$ м/сут). Морские отложения сильно засолены.

Стратиграфо-генетический комплекс золотых отложений представлен переувлажненными верхнеплуценовыми песками, образующими довольно значительные останцовые массивы в пределах Жанадарынской и Кувандарынской аллювиально-дельтовых равнин. Кроме того, глубоко расчлененные золотые пески развиты на нижне-среднечетвертичных аллювиальных отложениях Сырдарьи, вдоль восточной окраины пустыни Кызылкум. Верхнечетвертичные и современные отложения слабо переувлажнены, образуют мелкогрядо-

Таблица 194

Угол естественного откоса сухой породы	Угол внутреннего трения	Сцепление, 10^3 Па	Свободное набухание, %
—	—	—	—
26° (—)	—	—	—
21° 30'—37° 30'	—	—	—
30° (51)	—	—	—
—	19°—32°	—	0,1—3,2
—	26° 30' (4)	0,12 (1)	1,35 (4)
—	12°—39°	0,02—0,28	0,6—22,7
—	28° (9)	0,16 (5)	10,7 (10)
—	—	—	12,2—35,1
3° 34' (1)	42° (1)	3,40 (1)	22,2 (4)

средние, в скобках — число определений.

во-бугристые формы и имеют тот же петрографический состав, что и подстилающий субстрат. Пески состоят на 75—95 % из песчаной и на 5—25 % из пылевой фракции. Среднее значение плотности твердых частиц грунта — $2,67 \text{ г/см}^3$, плотность грунта при естественной влажности равна $1,36 \text{ г/см}^3$.

В Жанадарьинской и Акчадарьинской дельтах развиты такырные образования — светло-коричневые тяжелые суглинки с прослоями супесей и песков (мощность до 2, реже до 3 м). Плотность твердых частиц суглинка равна $2,62—2,74 \text{ г/см}^3$, плотность грунта — $1,55—2,1 \text{ г/см}^3$, пористость, варьирует от 25 до 37 %, в отдельных случаях до 58 %. Содержание водорастворимых солей увеличивается от 0,23 % в корковом горизонте до 3,71 % на глубине 20—30 см. Тип засоления сульфатный или хлоридно-сульфатный.

Очень незначительное распространение как по площади, так и по глубине имеют озерные отложения. Это обычно сильно засоленные суглинки, супеси, пески и соли мощностью до первых метров.

Подземные воды. Грунтовые воды приурочены к четвертичным отложениям, выделяются водоносные горизонты от раннечетвертичного до современного возраста, приуроченные к пескам, гравиям, суглинкам, супесям и галечникам.

Глубина залегания уровня грунтовых вод в понижениях, вблизи ирригационной сети, озер (Сарыкамышское, Арнасайское и др.) и водохранилищ (Чардаринское, Туямуонское), а также в приречной зоне Амударьи и Сырдарьи составляет 1—1,5 м и увеличивается по мере удаления от рек и каналов до 10 м, в неорошаемой зоне достигает 20 м, а в пустынной (песчаной зоне) — 50 м.

Фильтрационные свойства пород изменяются в больших интервалах. Коэффициент фильтрации гравийно-галечных отложений колеблется от 20 до 50 м/сут, разнозернистых песков долины Сырдарьи — от 5,7 до 17,8 м/сут, мелкозернистых песков Приаралья и восточной окраины пустыни Кызылкум — от 2 до 16 м/сут, супесей — от 0,052 до 1,83 м/сут, суглинков — от 0,018 до 0,035 м/сут.

Минерализация и химический состав подземных вод типичны для областей континентального засоления. Преобладают солоноватые и соленые (5—100 г/л) воды; пресные и слабосоленоватые воды развиты в узкой полосе (1,5—2 км) вдоль Амударьи, Сырдарьи и каналов. Некоторое опреснение грунтовых вод (до 3 г/л) наблюдается и на орошаемых площадях, где оно связано с инфильтрацией поверхностных вод с полей орошения.

Химический состав вод изменяется от сульфатно-хлоридного и хлоридно-сульфатного натриево-магниевого до кальцевого в долинах рек. Воды с минерализацией выше 5 г/л обладают сульфатной агрессивностью.

Режим грунтовых вод в неосвоенных пустынных районах Аму-Сырдарьинской области в целом естественный, ненарушенный, с амплитудой сезонного колебания уровня до 0,25 м. Для орошаемой территории характерен нарушенный режим. Здесь гидрохимическую и гидродинамическую зональности в большей степени определяют ирригационные воды. На новоорошаемых площадях на фоне подъема грунтовых вод происходит их опреснение. Подъем УГВ зависит от глубины его залегания. На массивах с глубиной залегания УГВ до 5 м интенсивность подъема оценивается в 1 м/год, а при глубине более 20 м наблюдается стабильный подъем уровня со скоростью до 0,4 м/год.

В староорошаемых зонах гидрохимический режим стабилизировался. Уровень грунтовых вод при правильной работе дренажной сети не поднимается выше 1 м.

В Приаралье в связи с обмелением Аральского моря УГВ постоянно снижается. Глубина его залегания в 1986 г. составила 5—6 м. Аральское море в настоящее время играет роль дрена.

Современные геологические процессы и явления. Среди этих процессов преобладает засоление, как естественного, так и техногенного характера. Естественное засоление отмечается в зонах близкого залегания подземных вод, зонах естественной разгрузки, в отдельных понижениях на поверхности аллювиальных террас (Джетысайское, Сардобинское, Шарузякское, западная часть Голодной степи) и береговых зонах озер (Балаклы, Тузкан), где образуются солонцы и солончаки.

В результате строительства Чардарьинского, Джизакского и Туямуюнского водохранилищ, заполнения понижений Арнасай и Сарыкамыш коллекторно-дренажными водами произошло подтопление около 3 % всей площади области. На прилегающих территориях стали развиваться процессы заболачивания и вторичного (техногенного) засоления, которому подвержена также большая часть орошаемых площадей. Это связано с повышением уровня со-

леных грунтовых вод из-за превышения поливных норм и некачественной работы дренажа. В результате из севооборота выводятся огромные площади.

Большой урон народному хозяйству наносит подтопление населенных пунктов и городов (Нукус, Хива, Ургенч, Ташауз и др.), вызванное подъемом УГВ и фильтрацией воды из каналов. Снижается несущая способность грунтов, подтопление подвальных помещений разрушает фундаменты зданий.

Суффозионный процесс развит в пределах неорошаемых частей Амударьинской и Сырдарьинской дельт и приводит к образованию трещин, узких ходов и пустот, поверхностных провальных воронок различных размеров от $0,3 \times 1$ м (глубина 0,1—0,15 м) до 4×6 м (глубина 2 м). Размер пещер достигает 6×28 м (глубина 3 м).

При смыкании ряда провальных воронок возникают «провальные» овраги. Часто воронки располагаются на небольшом расстоянии друг от друга и соединяются горизонтальными ходами, образуя целые поля. Площадь таких полей достигает десятков квадратных километров, а коэффициент пораженности изменяется от 0,18 до 0,60 (восточное побережье Сарыкамышского озера). Глубина пораженности суффозионными процессами достигает 30 м, что фиксируется катастрофическим поглощением промывочной жидкости при бурении скважин.

Золовому процессу подвержены рыхлые аллювиальные отложения. Наиболее интенсивно переработаны ветром ниже-среднечетвертичные пески, образующие глубоко расчлененные (10—20 м) грядово-ячеистые формы, развитые вдоль восточной окраины Кызылкумов.

Повторные мензульные съемки (масштаб 1:5000) на трех площадях в районе Сарыкамышской дельты и сравнение по ним пространственных планов дало возможность судить о направлении и скорости перемещения различных форм незакрепленных крупных бугристых песков и закрепленных массивов мелкобугристых песков. Выяснилось, что пески передвигаются в юго-западном направлении в соответствии с преобладающим направлением ветров со скоростью до 15 м/год. Замечено, что даже слабое закрепление песков растительностью уменьшает скорость их перемещения (рис. 19.1).

В северо-западной части области (южное и юго-западное Приаралье) широко развито тапырообразование. Тапыры распространены в дельтах Акчадарьи и Жанадарьи. Они занимают обширные площади (от нескольких до десятков квадратных километров) и приурочены к русловым или околорусловым отложениям.

Эрозия проявляется в виде размыва берегов Амударьи, Сырдарьи, каналов и коллекторов и образования оврагов. Широко развитое ранее на Амударье и Сырдарье обрушение берегов — «дегши» — в настоящее время практически отсутствует в связи с регулированием стока.

В настоящее время в пределах Приаральских дельт Амударьи и Сырдарьи быстро развивается техногенный процесс под угрожаю-

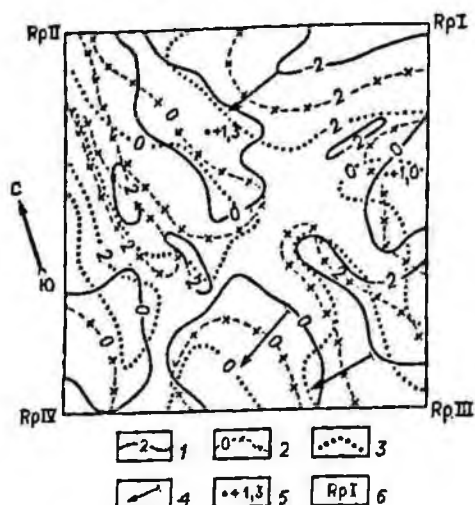


Рис. 19.1. Результаты наблюдений за перемещением песчаных форм по Сары-камышинской дельте Амударьи:

1—3 — положения условных горизонталей (в метрах) рельефа на июль 1943 г. (1), апрель 1944 г. (2) и ноябрь 1944 г. (3); 4 — величина перемещения песчаных форм относительно начала наблюдений; 5 — точка мензульной съемки и ее относительная отметка, м; 6 — репер и его номер

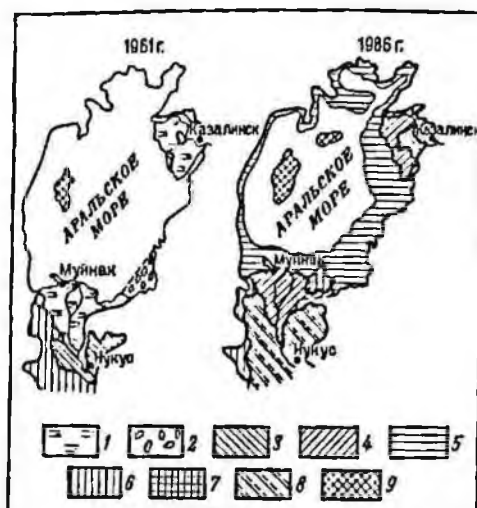


Рис. 19.2. Изменение природных условий в Приаралье:

1 — заболоченные дельты Амударьи и Сырдарьи с множеством озер и зарослями камыша; 2 — Актепинский архипелаг; 3 — орошаемая территория; 4 — высыхающие дельты Амударьи и Сырдарьи; 5 — песчано-солончаковая зона, образовавшаяся в результате обмеления Аральского моря; 6 — неорошаемая территория; 7 — озера и болота, возникшие на месте Джилтырбасского залива; 8 — орошаемая территория, находящаяся под угрозой опустынивания из-за дефляции песков и солей с осушенного дна Аральского моря; 9 — острова

щим названием «опустынивание», связанный с обмелением Аральского моря [8].

Осушенное дно довольно быстро превращается в песчано-солончаковую пустыню, оно стало источником пыли и соли, разносимых на громадные пространства Аму-Сырдарьинской области. На прилегающих к морю территориях сильно упал УГВ (до 5—6 м). Ухудшение качества и уменьшение количества воды сказалось на растительности и почве в дельтах Амударьи и Сырдарьи (рис. 19.2). В дельте Амударьи за последние 25 лет площадь тростниковых зарослей сократилась в 7 раз, высохло 50 озер. Не менее печальные изменения происходят в дельте Сырдарьи, где в результате снижения УГВ в несколько раз уменьшилась площадь сельскохозяйственных угодий [29].

19.4. Чу-Сарысуйская область

Область является крупным геолого-структурным элементом Туранской плиты, который развивался в виде депрессии в каменноугольном и пермском периодах и кайнозое. В настоящее время это обширная аллювиальная равнина с тремя террасовыми поверхностями. Абсолютные отметки изменяются от 600 м на юге, в предгорьях Киргизского хребта, до 100—120 м на северо-западе, в устьевой части долины р. Чу со средним расходом до 54 м³/с. Второй по значимости водной артерией является р. Талас со средним расходом до 27 м³/с.

Геологическое строение и инженерно-геологические особенности пород. Четвертичные отложения развиты почти повсеместно и представлены несколькими стратиграфо-генетическими комплексами пород. Кроме того, в западной части области на дневную поверхность выходят отложения красноцветной олигоцен-миоценовой и буроцветной миоцен-плиоценовой формаций. Первая представлена озерными и пролювиально-аллювиальными глинами и алевролитами, отличающимися высокой карбонатностью и заглинованностью. Местами они замещаются мергелями и серыми глинистыми или песчанистыми известняками. Среди карбонатно-глинистых отложений часты прослои, пропластки и линзы кварцевых песков и железистых песчаников, реже алевролитов и гравелитов. Глины гидрослюдистые и гидрослюдисто-монтмориллонитовые со значительным содержанием песка и пыли. Содержание глинистой фракции обычно составляет 75—85 %, алевроитовой — 28—55 %. Пористость изменяется от 39,5 до 42,5 %, плотность твердых частиц грунта — от 2,6 до 2,7 г/см³, плотность грунта — от 1,6 до 1,8 г/см³.

Буроцветная формация представлена аллювиальными галечниками, гравийниками и разнозернистыми песками, местами переходящими в конгломераты и песчаники на карбонатном и железисто-карбонатном цементе. Грубообломочные и песчанистые породы содержат прослои и линзы глин и алевролитов.

Образования стратиграфо-генетического комплекса нижнечетвертичных аллювиальных отложений (мощность 40—70 м) составляют третью надпойменную террасу рек Чу, Талас, Ассы, Сарысу и Курагаты. В составе отложений преобладают желтовато- и розовато-серые мелко- и среднезернистые полимиктовые пески с примесью гравия и линзобразными включениями песчаников на карбонатно-глинистом цементе.

На западе области, западнее слияния Чу и Сарысу, нижнечетвертичный аллювий вложен в глубокие (до 50 м) эрозионные ложбины, выработанные в отложениях красноцветной и буроватой молассовых формаций, и представлен мелко- и среднезернистыми песками, перекрываемыми с поверхности серыми песчанистыми глинами. В составе песков преобладает (70—90 %) фракция 0,05—0,25 мм. Плотность твердых частиц грунта составляет 2,6—2,7 г/см³, плотность грунта — 1,6—1,8 г/см³, пористость — 40—42 %, угол естественного откоса — 27°.

Вторые надпойменные террасы рек сложены стратиграфо-генетическим комплексом среднечетвертичных аллювиальных отложений (мощностью до 60 м). В составе комплекса участвуют различные литологические разности пород от гравийно-галечников и песков (русловые фации) до суглинков и глин (старичные фации). Пески преимущественно мелко- и среднезернистые, в отдельных прослоях содержат включения гравия и гальки (до 20 %). Супеси и суглинки обычно тяжелые, часто с включениями гальки и гравия. Глины опесчаненные, алевроитные. Физико-механические свойства различных литологических разностей пород приведены в табл. 19.4. Свободное набухание глины достигает 35 % от первоначального объема (в среднем 20 %). Супесчаные породы засолены. Тип засоления гидрокарбонатно-сульфатный, реже хлоридный. Степень коррозийности для суглинков составляет 1,85—2,9 мм/год (в среднем 2,1 мм/год), для супесей 2,15—2,78 мм/год (в среднем 2,51 мм/год).

Стратиграфо-генетический комплекс верхнечетвертично-современных аллювиальных отложений составляет пойму и первую надпойменную террасу, представлен разнозернистыми песками с гравием и мелкой галькой, выше по разрезу — супесями и суглинками с прослоями мелкозернистых хорошо отсортированных песков. В долине Сарысу песчано-гравийные образования перекрываются с поверхности суглинистыми породами мощностью 2—4 м. В долинах Таласа и Ассы развиты преимущественно гравийно-галечники с песчаным заполнителем. В гранулометрическом составе этих пород преобладают (60—77 %) фракции мелкого и среднего гравия (2—4 мм). Заполнитель — песок от мелко- до крупнозернистого. Иногда пески в гравийно-галечных отложениях образуют пропластки и прослои. Пески преимущественно мелко- и среднезернистые с включением гравия, содержание глинистой фракции (менее 0,005 мм) не превышает 15 %.

Супесчаные породы обычно залегают в виде прослоев мощностью 1—4 м и по гранулометрическому составу часто относятся к тяжелым супесям. Преимущественно недоуплотненные, с объемной

усадкой 1,52 %, среднепросадочные, набухающие, средне-реже сильнозасоленные. Степень коррозионности достигает 3,4 мм/год. Суглинистые породы также залегают в виде пропластков и прослоев мощностью 1—10 м в толще песчано-галечниковых отложений и образуют поверхность пойменных и первой надпойменной террас. Суглинки от пылеватых легких до тяжелых глинистых с суммарным содержанием пылеватых и глинистых частиц (менее 0,05 мм) до 70 %. В естественном залегании они твердые и средне-сжимаемые. Коэффициент относительной просадочности при давлении $3 \cdot 10^5$ Па в среднем составляет 0,045. Величина свободного набухания достигает 25 % (в среднем не более 5 %). Объемная усадка в среднем составляет 1,52 %. Степень коррозионности достигает 8,4 мм/год. Тип засоления суглинков изменяется от гидрокарбонатно-сульфатного до хлоридного.

Глинистые породы, как и суглинки, перекрывают крупнообломочные аллювиальные отложения или образуют отдельные прослои и пропластки, невыдержанные по мощности и простираанию. Глины обычно опесчаненные, пылеватые. Величина свободного набухания составляет 15—24 %, объемная усадка — 6,1—12,4 %. Степень коррозионности глин оценивается в 3,5 мм/год. Данные о физико-механических свойствах пород приведены в табл. 19.5.

Обширный песчаный массив Муюнкум и многочисленные более мелкие массивы сложены стратиграфо-генетическим комплексом эоловых отложений четвертичного возраста. Бугристо-грядовый массив Муюнкум занимает площадь более 50 км² и образован преимущественно мелкозернистыми песками с редкими прослойками суглинков и глин.

Подземные воды. Первый водоносный комплекс приурочен к аллювиальным отложениям стратиграфо-генетических комплексов четвертичного возраста в долинах рек Чу, Талас, Асса и Сарысу. В пределах Муюнкумов эоловые пески образуют с ними единый водоносный комплекс. Наиболее глубоко (30—50 м) УГВ залегает на юго-востоке в пределах межгрядовых понижений. В центральной части («чуротная» зона) грунтовые воды залегают на глубине 3—5 м, а в пределах «чуротов» (долиннообразные понижения среди бугристых песков) глубина их залегания не превышает 2 м. Грунтовые воды здесь выходят на поверхность, образуя озера, имеют невысокую минерализацию (до 3 г/л), но по направлению к югу на север и с востока на запад минерализация повышается, достигая местами 50 г/л. При минерализации более 5 г/л воды проявляют сульфатную агрессивность. В долинах рек грунтовые воды залегают на глубине 3—5 м и обычно пресные. Только в западной части долины р. Чу (за разливами) минерализация воды повышается до 10 г/л и более.

Современные геологические процессы и явления. Среди них наиболее распространены дефляция, заболачивание и засоление. Дефляция приводит к формированию множества мелких массивов эоловых песков. Заболачивание и засоление активно развиваются в нижнем течении р. Чу от оз. Акджайкул до Ащиколь. В периоды

Свойства верхнечетвертичных и современных аллювиальных отложений и первых надпойменных террас долин рек Чу, Курагаты, Талас, Ассы и Сарысу

Порода	Плотность, г/см ³		Пористость, %	Число пластиности, %	Угол естественного откоса сухой породы	Угол внутреннего трения	Сцепление, по IIa
	твердых частиц	грунта					
Гравийно-галечник	2,63—2,73	1,71—1,72	—	—	35°—35° 40' 35° 20' (3)	—	—
	2,69 (10)	1,72 (2)					
Песок	2,63—2,73	1,47—1,85	39,3—47,3 43,3 (13)	—	28° 30'—36° 30' 29° 40' (42)	—	—
	2,68 (9)	1,66 (161)					
Супесь	2,68—2,72	1,50—1,88	34,9—46,2 40,6 (98)	3,4—10,4 6,9 (113)	—	12°—48° 33° (10)	0,08—1,70 1,050 (10)
	2,70 (167)	1,69 (151)					
Суглинок	2,72—2,74	1,56—1,92	38,3—49,1 43,7 (190)	7,1—12,5 9,8 (139)	—	23° 9'—29° 9' 26° (27)	0,05—2,00 1,20 (20)
	2,73 (328)	1,74 (213)					
Глина	2,68—2,86	1,45—2,12	33,7—50,0 42,0 (22)	17,0—22,0 19,0 (27)	—	22°—40° 32° 21' (8)	0,50—2,10 1,370 (8)
	2,74 (151)	1,82 (62)					

П р и м е ч е н и е. В числителе приведены предельные значения, в знаменателе — средние, в скобках — число определений.

весенних половодий вся эта территория подвержена затоплению. Летом после спада воды здесь образуются болотца. Вследствие высокой испаряемости на участках близкого залегания УГВ происходит концентрация солей на поверхности или в верхних горизонтах грунтов с образованием солончаков, соров, пухляков и такыров. Особенно большие площади (длиной до 100 км и шириной до 30 км) солончаков развиты в нижнем течении р. Чу (Гуляевские и Кашкаринские разливы).

19.5. Кашкадарья-Зеравшанская область

Область располагается в юго-восточной части Туранской плиты, где сочленяется с предгорными равнинами, обрамляющими западные отроги Зеравшанского и Гиссарского хребтов, и занимает Бухарскую и Чарджоускую ступени Амударьинской впадины. Рельеф образован субгоризонтальными слабوترрасированными равнинами, сложенными аллювием рек Кашкадарья и Зеравшан. Абсолютные отметки равнин изменяются от 360 м на юго-востоке до 170—210 м на западе. Равнинный облик нарушается невысокими возвышенностями, образованными отложениями мела, палеогена и неогена (Кассантау (452 м), Майманактау (436 м), Караиз (348 м), Джаркак (385 м), Сарыташ (336 м), Газли (212 м) и др.). Часть площади покрыта золотыми песками. Вода Зеравшана и Кашкадары уже в верхних частях аллювиально-дельтовых равнин разбирается ирригационными каналами. Остальная территория орошается из Амударьи магистральными каналами (Каршинский, Ульяновский, Аму-Бухарский, Аму-Каракульский).

Основные структурные элементы области — Каракульский, Рометанский и Бешкентский прогибы, выполненные мощной (400—700 м) толщей новейших отложений, а также Газлийская и Карши-Мубарекская группы структур, где на дневную поверхность местами выходят мезозойско-кайнозойские отложения.

Геологическое строение и инженерно-геологические особенности пород. Четвертичные литифицированные отложения образуют терригенную сероцветную формацию мела песчано-алевролитоглинистого состава большой мощности; терригенно-карбонатную (известняково-глинистую) формацию палеогена (мощность 400—500 м); молассовую буроцветную (алевролиты и песчаники с прослоями глин и грубообломочных пород кассантауской и гузарской свит мощностью 400—600 м); терригенные сероцветную и буроцветную формации верхнего плиоцена (преимущественно песчаные отложения ташакырской и денгизкульской свит мощностью соответственно 10—15 и более 100 м).

Четвертичные отложения представлены в основном аллювиальным и аллювиально-пролювиальным генетическими типами (рис. 19.3). Стратиграфо-генетический комплекс нерасчлененных нижне-среднечетвертичных аллювиальных отложений слагает древнюю дельту Зеравшана, располагаясь к западу и юго-западу от



Рис. 19.3. Схема распространения стратиграфо-генетических комплексов и мезозойско-кайнозойских формаций в пределах Кашкадарья-Зеравшанской области:

1 — комплекс современных аллювиальных отложений, dQ_1 ; 2 — комплекс верхнечетвертичных аллювиальных отложений, dQ_2 ; 3 — комплекс верхнечетвертичных аллювиально-пролювиальных отложений, drQ_3 ; 4 — комплекс нижне-среднечетвертичных аллювиальных отложений, dQ_{1-2} ; 5 — мывассовая буроватая формация верхнего плиоцена, N_2^1 ; 6 — сероцветная терригенная формация верхнего плиоцена, N_2^2 ; 7 — буроватая терригенная формация верхнего плиоцена, N_2^3 ; 8 — отложения меловой терригенной сероцветной и палеогеновой терригенно-карбонатной формации, К-Р; 9 — наложенные золотые пески; 10 — переселенные пески; 11 — солончаки; 12 — граница орошаемых территорий; 13 — граница территорий подтопления городов и поселков

плато Автобачи. В восточной части он представлен полимиктовыми хорошо окатанными гравийно-галечниками мощностью 18—95 м. Плотность грунта в рыхлом состоянии составляет 1,67—1,89 г/см³, $k_f=15-30$ м/сут. В западном направлении гравийно-галечники замещаются песчано-гравийными отложениями мощностью 3—10 м. Значительная часть территории покрыта золотыми песками, а местами — маломощным супесчано-суглинистым чехлом.

Стратиграфо-генетический комплекс верхнечетвертичных аллювиальных отложений (мощность 5—25 м) распространен по периферии современных аллювиально-дельтовых равнин рек Зеравшан и Кашкадарья. В строении комплекса преобладают гравийные пески. Супесчано-суглинистые отложения образуют прерывистый по-

кров (1—10 м) в верхней части разреза, а также встречаются в виде прослоев среди песков.

Суглинки лёссовидные, слоистые, по гранулометрическому составу неоднородные с преобладанием пылевой фракции. Влажность пород изменяется от 3 до 22 %. Суглинки неоднородны. Так, плотность грунта при естественной влажности колеблется от 1,36 до 2,00 г/см³, плотность скелета породы — от 1,23 до 1,79 г/см³, пористость 34—52,2 %. Породы слабо- и среднесжимаемые, коэффициент сжимаемости при давлении $(1-2) \cdot 10^5$ Па составляет $(0,002-0,016) \cdot 10^{-5}$ Па⁻¹, $c = (0,017-0,793) \cdot 10^5$ Па. По данным опытных наливов, $k_f = 0,10-1,06$ м/сут.

Лёссовидные супеси переслаиваются с суглинками и имеют подчиненное значение. В отличие от суглинок они обладают несколько большей пористостью и меньшей сжимаемостью, $c = (0,023-0,479) \cdot 10^5$ Па. Суглинки и супеси при природном давлении непродачны. При давлении $3 \cdot 10^5$ Па коэффициент относительной продачности изменяется в пределах 0,005—0,131.

Пески полимиктовые с гравием, линзами и прослоями сугликов. Сортировка и зернистость песков весьма разнообразны. Пористость изменяется от 33—42 % в восточной части Каршинской степи до 47—49 % в Бухарском оазисе. Коэффициент сжимаемости песков при давлении $(1-2) \cdot 10^5$ Па составляет $(0,002-0,012) \cdot 10^{-5}$ Па⁻¹. Плотность грунта в рыхлом сложении равна 1,26—1,60 г/см³, при уплотнении — 1,50—1,94 г/см³. Угол естественного откоса сухой породы составляет 30—44°, водонасыщенной — 22—40°. По данным опытных наливов, $k_f = 1,50-15,6$ м/сут. Отложения комплекса характеризуются повышенным содержанием легкорастворимых солей (0,138—2,806 %) и преимущественно сульфатным и сульфатно-хлоридным типом засоления.

Стратиграфо-генетический комплекс верхнечетвертичных аллювиально-пролювиальных отложений (мощность 5—15 м) образует слабонаклонную равнину севернее возвышенностей Джаркак и Сарыташ, а также обрамляет с запада плато Азкамар и Кызылтапе. В первом случае это гравийно-щебнистые пески мощностью до 15 м, фрагментарно перекрытые маломощным супесчано-суглинистым покровом и массивами эоловых песков. В районе плато Азкамар и Кызылтапе верхняя часть разреза сложена загипсованными суглинками и супесями мощностью до 5 м; ниже залегают гравийно-галечники.

Стратиграфо-генетический комплекс современных аллювиальных отложений слагает современные аллювиально-дельтовые равнины рек Кашкадарья и Зеравшан, образуя пойму и две террасы. Пойма и первая терраса развиты ограниченно. В восточной и центральной частях Каршинской степи комплекс имеет двучленное строение. Сверху залегают лёссовидные суглинки, реже супеси мощностью 2—12 м, подстилаемые песками с гравием. По периферии современной равнины, а также в ее северо-западной, дельтовой, части в разрезе комплекса доминируют суглинки с подчиненными супесями и песками. Общая мощность комплекса умень-

шается от 12—25 м на востоке до 2—5 м на западе. В Бухарском и Каракульском оазисах комплекс образует единую толщу с верхнечетвертичными отложениями, к которым условно отнесена нижняя преимущественно гравийно-песчаная часть разреза.

Суглинки в разрезе чередуются с супесями, но при этом доминируют в составе пойменной фации, что особенно характерно для Каракульского оазиса. Породы слоистые. По гранулометрическому составу суглинки и супеси представлены легкими и тяжелыми пылеватыми разностями. Показатели их свойств приведены в табл. 19.6 и 19.7.

При природном давлении породы непроницаемы, насыщение водой значительно снижает их сопротивление сдвигу и увеличивает сжимаемость. Коэффициент фильтрации изменяется от 0,05 до 0,95 м/сут, минимальные значения (0,1—0,3 м/сут) отмечаются на староорошаемых территориях. Засоление пород очень пестрое, как по площади, так и в разрезе. На неорошаемых территориях содержание легкорастворимых солей составляет 0,25—4,3 % при сульфатном и сульфатно-хлоридном типах засоления. Для орошаемых площадей со стабилизированными гидродинамическим и гидрохимическим режимами грунтовых вод содержание легкорастворимых солей составляет 0,1—0,3 %. На остальной территории засоление зависит от режима орошения и промывных поливов и изменяется от 0,1 до 2 %.

В изменении состава и свойств пород под влиянием орошения (17 лет) установлена следующая тенденция. На территории первой очереди освоения Каршинской степи в районе развития суглинков отмечено увеличение средних значений естественной влажности (примерно на 4 %), содержания глинистой фракции, числа пластичности (на 2,5 %) и количества легкорастворимых солей (от 0,5 до 1,05 %), а также уменьшение пористости (на 3—4 %). При этом наблюдается существенное уменьшение коэффициента изменчивости показателей, что свидетельствует о стабилизации их значений [15].

Помимо описанных комплексов на территории области локально развиты озерно-химические современные осадки, а также нестратифицированные четвертичные отложения элювиально-делювиального, делювиального и эолового генезиса. Последние относительно широко развиты по периферии Бухарского и Каракульского оазисов, в пределах древней дельты Зеравшана, в окраинных частях левобережья Кашкадарьи и в районе г. Мубарек. Пески преимущественно тонкозернистые, полимиктовые сухие, незасоленные. Плотность грунтов в рыхлом сложении составляет 1,02—1,43 г/см³, в уплотненном — 1,39—1,87 г/см³. Угол естественного откоса сухой породы равен 31—39°, при водонасыщении — 22—30°. Коэффициент фильтрации изменяется от 0,86 до 5,3 м/сут.

Подземные воды. Грунтовые воды четвертичных отложений приурочены к гравийно-галечникам, пескам, супесям и суглинкам. Глубина залегания ГУВ на орошаемых площадях Каршинской степи, Бухарского и Каракульского оазисов составляет 1—5 м, в

Таблица 19.6

Физические и физико-химические свойства современных аллювиальных отложений

Район	Порода	Естественная влажность, %	Плотность, г/см ³		Коэффициент пористости	Показатели пластичности, %	
			влажной породы	скелета грунта		нижний предел	число пластичности
Каршинская степь:	Суглинок	8,0—26,5 15,4 (74)	1,51—2,01 1,77 (72)	1,39—1,77 1,55 (72)	0,548—0,934 0,742 (72)	15—25 19 (74)	6—18 11 (74)
	Супесь	5,0—20,9 13,3 (50)	1,53—1,96 1,76 (38)	1,38—1,74 1,54 (38)	0,550—0,953 0,751 (38)	16—22 18 (27)	2—9 6 (27)
	Суглинок	1,8—19,6 8,1 (88)	1,39—1,94 1,61 (57)	1,35—1,78 1,49 (57)	0,524—0,996 0,808 (57)	14—25 19 (57)	6—17 9 (57)
	Супесь	1,4—13,1 4,4 (28)	1,37—1,80 1,54 (26)	1,29—1,75 1,48 (26)	0,536—1,053 0,818 (26)	13—23 18 (28)	2—8 5 (28)
Оазисы:	Суглинок	8,4—26,5 14,0 (80)	1,54—1,94 1,73 (79)	1,39—1,68 1,52 (79)	0,608—0,949 0,779 (79)	16—29 21 (80)	6—12 9 (80)
	Супесь	7,2—22,3 14,0 (20)	1,44—1,94 1,72 (18)	1,37—1,67 1,51 (18)	0,639—0,976 0,795 (18)	17—27 20 (25)	4—6 5 (25)
- Бухарский	Суглинок	7,1—33,6 21,1 (20)	1,66—1,96 1,81 (19)	1,37—1,82 1,50 (19)	0,470—0,972 0,789 (19)	16—26 20 (25)	7—15 10 (25)
	Суглинок						

Примечание. В числителе приведены предельные значения, а в знаменателе — средние, а в скобках — число определений.

Физико-механические свойства современных аллювиальных отложений

Район	Порода	Модуль общей деформации, 10^8 Па	Коэффициент сжатости при $p = (1-2) \cdot 10^8$ Па, 10^{-3} Па $^{-1}$	Коэффициент относительной сжимаемости при $p = 3 \cdot 10^8$ Па	Угол внутреннего трения, градусы	Сцепление, 10^4 Па
Каршинская степь:	Суглинок	$\frac{24-237}{120 (64)}$	$\frac{0,004-0,047}{0,011 (64)}$	$\frac{0,004-0,163}{0,053 (87)}$	$\frac{17-36}{28 (75)}$	$\frac{0,010-0,737}{0,158 (75)}$
	Супесь	$\frac{61-139}{175 (15)}$	$\frac{0,003-0,020}{0,010 (15)}$	$\frac{0,010-0,138}{0,042 (22)}$	$\frac{19-39}{29 (31)}$	$\frac{0,011-0,768}{0,102 (33)}$
	Суглинок	$\frac{59-504}{207 (26)}$	$\frac{0,002-0,025}{0,008 (26)}$	$\frac{0,009-0,166}{0,059 (45)}$	$\frac{24-38}{29 (53)}$	$\frac{0,011-0,590}{0,091 (53)}$
Оазисы:	Супесь	$\frac{91-660}{352 (16)}$	$\frac{0,002-0,012}{0,006 (16)}$	$\frac{0,017-0,142}{0,067 (17)}$	$\frac{26-38}{31 (25)}$	$\frac{0,010-0,252}{0,107 (25)}$
	Суглинок	$\frac{47-262}{123 (65)}$	$\frac{0,004-0,023}{0,010 (65)}$	$\frac{0,002-0,202}{0,040 (61)}$	$\frac{25-34}{29 (89)}$	$\frac{0,014-0,300}{0,081 (89)}$
Бухарский	Супесь	$\frac{117-256}{183 (7)}$	$\frac{0,005-0,011}{0,008 (7)}$	$\frac{0,010-0,043}{0,024 (7)}$	$\frac{27-34}{31 (13)}$	$\frac{0,011-0,405}{0,089 (13)}$
Каракульский	Суглинок	$\frac{41-266}{129 (20)}$	$\frac{0,004-0,029}{0,011 (20)}$	$\frac{0,009-0,109}{0,038 (22)}$	$\frac{24-34}{28 (19)}$	$\frac{0,030-0,758}{0,136 (19)}$

Примечание. В числителе приведены предельные значения, в знаменателе — средние, в скобках — число определений.

пределах древней дельты Зеравшана — 2—8 м, а по периферии и в северо-западной части Каршинской степи — 5—15 м.

Минерализация грунтовых вод на орошаемых территориях Каршинской степи составляет 1,2—10 г/л при преимущественно сульфатном натриевом составе. В северо-западном направлении минерализация возрастает до 25 г/л, а химический состав изменяется до сульфатно-хлоридного натриевого. В Бухарском оазисе и древней дельте Зеравшана преобладают воды с минерализацией 1,4—6 г/л (по периферии до 10 г/л) сульфатного натриевого состава, в Каракульском оазисе — с минерализацией 1,6—10 г/л (по периферии до 15 г/л), причем воды повышенной минерализации имеют сульфатно-хлоридный натриево-магниевый состав. На окраинах области, там, где четвертичные отложения сдранированы, подземные воды приурочены к отложениям верхнего плиоцена и залегают на глубине 5—50 м. В погребенном аллювии правобережья Кашкадарьи преобладают воды с минерализацией 1—5 г/л сульфатного натриевого состава. На остальной территории распространены воды с минерализацией 3—15 г/л, а в южной части Каракульской дельты и на участках местной разгрузки — до 35 г/л и более сульфатно-хлоридного состава. Подземные воды с минерализацией более 3 г/л обладают сульфатной агрессивностью.

Современные процессы и явления. Инженерно-геологические условия области осложнены развитием современных и техногенных геологических процессов и явлений.

В 1976 г. в Западной части Узбекистана произошли два сильных землетрясения, получившие название Газлийских. Интенсивность их в эпицентрах достигала 9 баллов, в разной степени они ощущались на площади около 2 млн. км² [7].

Интенсивность землетрясения на территории г. Газли превысила 8 баллов, в Бухаре — 7, в Кагане — 6 баллов. При этом в Газли в различной степени пострадали все здания, а в грунте образовались многочисленные трещины с шириной раскрытия 3—4 см. На степень и характер повреждений в Бухаре и Кагане повлияли высокий уровень грунтовых вод и наличие относительно рыхлого «культурного» слоя.

Развевание, транспортировка и аккумуляция песков отмечают на значительной части древней дельты Зеравшана, в восточных и южных окраинах Каракульского оазиса, частично в западной и южной частях Каршинской степи и локально на современной аллювиально-дельтовой равнине. Подвижные или оголенные пески формируются главным образом в результате выпаса скота, строительства дорог и других сооружений. Примером активной деятельности подвижных песков может служить оазис Вардана, который некогда располагался в пределах нынешнего Шафранского района и был полностью уничтожен наступлением песка [16]. Ныне активность дефляционных процессов отмечается по периферии Каракульского оазиса, где пески наступают на культурные земли, заносят автомобильные дороги, каналы, коллекторы и различные сооружения [22].

Засоление и образование солончаков носят локальный характер, приурочены к крупным понижениям и связаны с испарением минерализованных грунтовых вод и выклиниванием последних в бессточных впадинах. Солончаки встречаются также в виде пятен в Каракульской дельте и реже на современной аллювиальной равнине Кашкадарьи. Вторичное засоление характерно для территорий с нестабилизированным гидрохимическим режимом. Так, в центральной части Бухарского оазиса и в Каракульском оазисе в летний период содержание солей на глубинах 1—1,7 м увеличивается от 0,1 до 2 %. К октябрю оно повышается в верхних слоях зоны аэрации. Промывные поливы способствуют рассоленению, однако перед вегетационными поливами соли вновь мигрируют вверх и на почвенном слое появляются соленые пятна. В течение года наблюдается неоднократное засоление и рассоление пород зоны аэрации.

Неудовлетворительная работа дренажных сооружений приводит к подтоплению населенных пунктов. Подтопление подвальных помещений отмечается в Бухаре, Шафрикане, Алате, Рометане, Вабкенте и др. В отдельных случаях (г. Бухара) подтопление вызывает просадки относительно рыхлых «культурно-городских» отложений под строениями. Вдоль Аму-Бухарского и Аму-Каракульского каналов и крупных сбросных коллекторов развивается боковая фильтрация с образованием в понижениях вдоль них цепочки озерков с частичным заболачиванием.

Помимо описанных процессов в области отмечаются оплывание откосов коллекторно-дренажной сети (в меньшей степени каналов), образование озер в концевых частях отводящих коллекторов, суффозионно-просадочные явления на засоленных породах ноорошасмых территорий.

19.6. Южно-Каракумская область

Область расположена в Низменных Каракумах и представляет собой слабо наклоненную к западу равнину, сложенную аллювиальными отложениями пра-Амударьи и древних афганских рек (Балх). Абсолютные отметки равнины изменяются от 250 м на востоке до 30 м на западе.

В результате длительного эолового воздействия здесь сформировались грядовые, грядово-ячеистые и грядово-бугристые пески, перемежающиеся с ячеями и крупными и мелкими дефляционными котловинами, к днищу которых часто приурочены такыры и соры, причем зоны соров тяготеют к краевым частям области (западная зона соров и Келифский Узбой). В восточной части области в рельефе выделяется Приамударьинская барханная зона, представляющая собой песчано-пустынную равнину с высотой барханов 4—6 м.

В геолого-структурном отношении область представляет собой южный склон Туркменской антеклизы, в пределах которой все го-

ризонты мезозойско-кайнозойского осадочного комплекса погружаются в южном и юго-восточном направлениях в сторону Предкопетагского краевого прогиба.

Геологическое строение и инженерно-геологические особенности пород. В пределах области на поверхности обнажены аллювиальные, аллювиально-дельтовые и золотые четвертичные отложения различного возраста. Верхнеплиоценовые отложения новейшей терригенной сероцветной формации (мощность 100—110 м), включающей мелко- и тонкозернистые пески с прослоями известковых глин апшерона, залегают на глубинах 60—300 м.

Стратиграфо-генетический комплекс ниже-среднечетвертичных аллювиальных отложений (мощность до 400 м), известных под названием каракумской свиты, широко распространен в области и перекрыт золотыми песками (до 20 м). Пески каракумской свиты серые, стально- и желтовато-серые, мелкозернистые и пылеватые, реже разнозернистые, переслаиваются с глинами и суглинками коричневыми и серыми. Супеси, суглинки и глины пропитаны тонкодисперсными гидрооксидами железа. Характерно наличие катунов глины в песках, коэффициент фильтрации изменяется от 0,4 (пылеватые пески) до 22 м/сут (пески разнозернистые с гравием и галькой).

Стратиграфо-генетический комплекс верхнечетвертичных аллювиальных (дельтовых) отложений занимает обширную площадь в центральной и восточной частях Низменных Каракумов, где его образование связано с субаэральными дельтами Теджена и Мургаба, а также североафганских рек. Представлен он светло-коричневыми и палевыми глинами с желтовато-серыми песками, суглинками и супесями. Мощность комплекса с севера на юг увеличивается от 5 до 50 м. Основные показатели физико-механических свойств пород комплекса приведены в табл. 19.8.

Стратиграфо-генетический комплекс современных золотых отложений практически сплошным чехлом покрывает отложения каракумской свиты и представлен исключительно песками мелкими и пылеватыми, желтыми и желтовато-серыми, сухими и однородными (коэффициент однородности равен 2,3—2,7). Мощность комплекса изменяется от 0 (крупные такыры) до 20 м (крупные гряды). По минеральному составу пески полеовшато-кварцевые, в составе тяжелой фракции преобладают минералы группы эпидота (32,4 %) и магнетита (19 %). Плотность грунта при естественной влажности для песков рыхлого сложения изменяется от 1,30 до 1,50 г/см³, плотных — от 1,62 до 1,68 г/см³. Угол естественного откоса сухого песка составляет 30—37°, водонасыщенного — 27—35°.

Подземные воды. Первым залегает водоносный комплекс неоген-четвертичных отложений, поверхностная часть которого соответствует водоносному горизонту каракумской свиты. Преобладающая глубина залегания УГВ составляет 10—20 м, в соровых котловинах она уменьшается до 0,3 м. В центральной части песков Черкезли отмечены максимальные глубины УГВ (50—100 м). Воды

Свойства аллювиальных отложений Низменных Каракумов

Возраст отложений	Порода	Естественная влажность, %	Плотность, г/см³		Коэффициент пористости	Показатели пластичности, %	
			грунта	скелета грунта		линейный предел	число пластичности
1	2	3	4	5	6	7	8
Ранне-средне-четвертные	Глина	$\frac{1,6-3,2}{2,4 (7)}$	$\frac{1,49-1,91}{1,71 (7)}$	$\frac{1,48-1,80}{1,67 (7)}$	$\frac{0,539-0,831}{0,671 (7)}$	$\frac{13-17}{16 (5)}$	$\frac{4-10}{7 (5)}$
	Суглинок	$\frac{3,1-6,2}{4,6 (5)}$	$\frac{1,45-1,74}{1,60 (5)}$	$\frac{1,40-1,72}{1,53 (5)}$	$\frac{0,542-0,862}{0,684 (5)}$	$\frac{14-24}{15 (5)}$	$\frac{3-20}{9 (5)}$
	Супесь	$\frac{2,4-4,1}{2,8 (16)}$	$\frac{1,26-1,58}{1,49 (16)}$	$\frac{1,26-1,52}{1,45 (16)}$	$\frac{0,690-1,120}{0,810 (16)}$	—	—
	Песок	$\frac{0,9-2,1}{1,4 (198)}$	$\frac{1,26-1,55}{1,45 (198)}$	$\frac{1,20-1,55}{1,47 (198)}$	—	—	—
	Глина	$\frac{2,3-10,8}{6,9 (9)}$	$\frac{1,42-1,90}{1,70 (9)}$	$\frac{1,37-1,83}{1,59 (9)}$	$\frac{0,588-0,964}{0,725 (10)}$	$\frac{16-21}{19 (3)}$	$\frac{5-12}{6 (3)}$
Позднечетвер- тинные	Суглинок	$\frac{2,2-11,0}{6,0 (5)}$	$\frac{1,61-1,83}{1,71 (5)}$	$\frac{1,44-1,75}{1,61 (5)}$	$\frac{0,560-0,889}{0,686 (5)}$	$\frac{15-17}{16 (3)}$	$\frac{12-16}{14 (3)}$
	Супесь	$\frac{0,9-5,4}{3,9 (15)}$	$\frac{1,51-1,68}{1,58 (15)}$	$\frac{1,43-1,66}{1,52 (14)}$	$\frac{0,626-0,888}{0,768 (15)}$	$\frac{20-25}{22 (2)}$	$\frac{3-4}{4 (2)}$
	Песок пылева- тый	$\frac{1,9-6,1}{- (-)}$	$\frac{1,44-1,50}{- (-)}$	$\frac{1,45-1,59}{- (-)}$	—	—	—

Примечания. 1. В числителе приведены предельные значения, в знаменателе — средние, в скобках — число определений. 2. Для песков в графах 4 и 5 приведены значения плотности при рылом и плотном слоении.

соленые (15—50 г/л), обладают сульфатной, реже углекислотной агрессивностью. Пресные воды залегают в виде линз, имеют реликтовое происхождение и пополняют свои запасы за счет конденсационного питания на массивах барханных песков, обычно прикрывающих с поверхности площади распространения этих линз (Ясханская, Черкезлинская).

Современные геологические процессы и явления. Преобладающее содержание в составе эоловых отложений песчаных частиц размером 0,25—0,1 мм и менее и среднегодовая скорость ветра 7 м/с обуславливают широкое распространение процесса дефляции. Развевание песков происходит по вершинам всех крупных гряд, а также вокруг колодцев, где образуются приколодезные барханные кольца. Площади развеваемых участков изменяются от нескольких сот квадратных метров до 1 км², а около постоянных поселков (Ербент, Бахардок, Серный завод) площадь барханных массивов достигает 50 км². Основная причина, вызывающая активизацию этого процесса,— деятельность человека. При строительстве линейных сооружений (газопроводы, трубопроводы, дороги) нарушается растительный покров и немедленно начинаются быстро прогрессирующие процессы развевания песков. Скорость передвижения песчаных массивов достигает 30 м/год.

Глава 20

ОБЛАСТЬ НИЗКИХ ПАЛЕОЗОЙСКИХ ГОР И СОЧЛЕНЕННЫХ С НИМИ НАКЛОННЫХ РАВНИН, ПЕРЕКРЫТЫХ ПРОЛЮВИАЛЬНЫМИ ЧЕТВЕРТИЧНЫМИ ОТЛОЖЕНИЯМИ. ЦЕНТРАЛЬНО-КЫЗЫЛКУМСКАЯ ОБЛАСТЬ

Область расположена в юго-восточной части Туранской плиты на сочленении с постплатформенным орогеном Гиссаро-Алая.

Рельеф представлен сочетанием изолированных сильно расчлененных низкогорий (500—920 м) и наклонных денудационно-аккумулятивных равнин. По периферии равнин расположены глубокие протяженностью в десятки километров бессточные котловины (Мынбулакская, Бешбулакская, Каракатинская и др.) глубиной от 20 до 100 м. Минимальная абсолютная отметка (—18 м) зафиксирована в Мынбулакской котловине. Горная гряда Букантау-Джетынтау отделена от гор Тамдытау крупным глубоко расчлененным эоловым массивом Джаманкум.

Геологическое строение и инженерно-геологические особенности пород. В геолого-структурном отношении область приурочена к одноименной зоне поднятий с обнаженными на поверхности докембрийскими и палеозойскими породами складчатого фундамента, разделенными прогибами, выполненными мезозойско-кайнозойскими отложениями.

Докембрий представлен метаморфической группой формаций,

палеозой — флишовой, карбонатно-терригенной, вулканогенно-осадочной, карбонатной, вулканогенной, молассовой и интрузивной формациями (табл. 20.1). Возрастные границы формаций не выдержаны, меняются в широких диапазонах. В инженерно-геологическом отношении фации изучены неравномерно. Наиболее хорошо исследованы физико-механические свойства пород формаций, вмещающих полезные ископаемые.

Алевриты флишовой формации, серые, слонистые, тонкорас-сланцованные, имеют плотность твердых частиц $2,69\text{--}2,78\text{ г/см}^3$, плотность грунта — $2,46\text{--}2,69\text{ г/см}^3$, влажность — $0,25\%$, водопоглощение — $0,7\text{--}2,6\%$, временное сопротивление сжатию в естественном состоянии — $(102\text{--}2674) \cdot 10^5\text{ Па}$, в водонасыщенном — $(5,2\text{--}38,9) \cdot 10^5\text{ Па}$, предел прочности при расколе составляет $(20\text{--}60) \cdot 10^5\text{ Па}$.

Песчаники плотные, преимущественно кварцевые, имеют плотность твердых частиц грунта до $2,75\text{ г/см}^3$, плотность грунта $2,72\text{ г/см}^3$, влажность — $0,25\text{--}0,77\%$, водопоглощение — $0,7\text{--}2,2\%$, временное сопротивление сжатию в естественном состоянии составляет $(135\text{--}1468) \cdot 10^5\text{ Па}$, в водонасыщенном — $(113\text{--}649) \cdot 10^5\text{ Па}$.

Известняки карбонатной формации в нижней части разреза комковатые с плотностью твердых частиц грунта $2,73\text{ г/см}^3$ и плотностью грунта $2,64\text{ г/см}^3$. Вверх по разрезу они замещаются тонкоплитчатыми черными с плотностью твердых частиц грунта $2,67\text{ г/см}^3$ и плотностью грунта $2,36\text{ г/см}^3$. Временное сопротивление сжатию в естественном состоянии составляет $1150,1 \cdot 10^5\text{ Па}$, при водонасыщении — $845,3 \cdot 10^5\text{ Па}$.

Графиты и кварцевые порфиры, по М. М. Мирасланову, характеризуются следующими показателями: плотность твердых частиц грунта составляет $2,65\text{--}2,75\text{ г/см}^3$, плотность грунта — $2,60\text{--}2,65\text{ г/см}^3$, влажность — $0,2\text{--}0,3\%$, пористость — $0,6\text{--}5\%$, временное сопротивление сжатию — $(300\text{--}2400) \cdot 10^5\text{ Па}$, коэффициент размягчения сильнотрещиноватых разностей — $0,85\text{--}0,87$, слабوترещиноватых — более $0,9$, модуль упругости — $(23\text{--}35) \cdot 10^5\text{ Па}$. Трещиноватость пород меняется в широких пределах: плотность трещин составляет от 3 до 15 на 1 м, коэффициент трещинной пустотности — $0,9\text{--}6,7\%$, ширина — $0,2\text{--}0,3\text{ мм}$. Пределы изменчивости плотности трещин на разных глубинах различные: в интервале $40\text{--}240\text{ м}$ — от 3 до 12 на 1 м, а на глубинах $345\text{--}405\text{ м}$ — $2\text{--}25$ на 1 м.

Платформенный чехол сложен меловыми, палеогеновыми и неоген-четвертичными отложениями. В его основании залегает терригенная сероцветная формация мела (мощность до 600 м), представленная песчаниками на известковистом (местами доломитовом) цементе с редкими прослоями гравелитов, ракушняков, алевритов и глини. Песчаники и алевриты разнотекстурированные, средней и слабой прочности. Глины имеют плотность твердых частиц грунта $2,75\text{ г/см}^3$, плотность грунта — $1,68\text{--}1,79\text{ г/см}^3$, водопоглощение — $10,8\%$, число пластичности — 18% , сопротивление сдвигу — $10,2 \cdot 10^5\text{ Па}$.

Палеозойские и допалеозойские формации Центральных Кызылкумов

Тип формации	Формация	Мощность, м	Индекс	Литологический состав	Распространение
Орогенный	Сероватая молассовая	До 5000	C_2-3	Песчанники, гравелиты, конгломераты	Северный Букантау, Северный Тамдытау
	Вулканогенная	До 5000	C_4	Диабазы, спиллиты, туфы, порфириты, туфогравелиты, альбатофиты	Северный и Южный Букантау, Джетынтау, Северный Тамдытау
	Карбонатная	2000—3000	D_1-C_4 , иногда S_2-C_1	Известняки, доломиты, доломитовые известняки, реже конгломераты	Северный и Южный Букантау, Джетынтау, Джартас
	Вулканогенно-осадочная	600	S	Переслаивающиеся песчанники, алевролиты, конгломераты, сланцы, известняки, альбитофиты, порфиры, туфы	Тамдытау, Ауминзатау, Сангрунтау, Дарбазатау
Геосинклинальный	Карбонатно-терригенная	До 1500	O_2-S_1 , иногда O_2-S_2	Песчанники, сланцы, гравелиты, туфы, андезито-дациты с прослоями известняков	Кульдзуктау
	Флишонная	2000—2500	O_1-D_1	Аргиллиты, алевролитовые сланцы, песчанники, гравелиты, реже кремнистые породы и эффузивы	Тамдытау, Ауминзатау, Сангрунтау, Кульдзуктау, Джетынтау, центр Букантау
	Метаморфическая	2000	До E , иногда O_1	Метаморфизованные порфириты, амфиболиты, слюдясто-кварцевые, альбит-актинолитовые и зеленые сланцы, туфопесчанники, кремнистые аргиллиты	Букантау, Тамдытау

Морская терригенно-карбонатная сероцветная формация палеоцен-эоцена в нижней части (мощность до 25 м) сложена известняками, ракушками, мергелями и песчаниками, в верхней (мощность 300—350 м) — толщей глины с подчиненными прослоями песков и мергелей. Глины зеленовато-серые с плотностью твердых частиц 2,61—2,7 г/см³, плотностью грунта 1,64—2,0 г/см³, влажностью 6,1—7,5 %, пористостью 23,8—41,9 %; $\varphi=25-27^\circ$, $c=(18-32,5) \cdot 10^5$ Па. Результаты изучения набухаемости глины опытной замочкой показали, что зеленые глины верхнего эоцена при давлении $0,5 \cdot 10^5$ Па набухают до 11 %, при давлении $1 \cdot 10^5$ Па — до 5 % и при давлении $5 \cdot 10^5$ Па — до 1 %. Мергели серовато-белые и серые, плотные, глинистые с плотностью твердых частиц 2,51—2,72 г/см³, плотностью грунта 1,64—2,00 г/см³, пористостью 25,3—38,4 %, влажностью 6,06—7,49 %, $\varphi=35-50^\circ$, $c=(36-52) \cdot 10^5$ Па. Известковистые мергели имеют плотность твердых частиц 2,33—2,71 г/см³, плотность грунта 1,42—1,89 г/см³, пористость 23,7—31,9 %, влажность 3,28—16,3 %, $\varphi=35-50^\circ$, $c=(36-52) \cdot 10^5$ Па.

Глины эоцена с небольшим размывом перекрыты мелководными образованиями терригенной красноцветно-пестроцветной формации (мощность 50—150 м) олигоцен-раннемиоценового возраста. Ее нижняя часть представлена глинами, верхняя — песками. На ней залегает монотонная толща (мощность 150 м) континентальных известковистых, загипсованных алевролитовых глин, образующих терригенную красноцветную формацию средне-позднемиоценового возраста.

Терригенная сероцветная формация верхнего плиоцена (мощность до 50 м) сложена мергелями, глинами, песчаниками и конгломератами, несогласно залегающими на подстилающих образованиях.

Четвертичные отложения (мощность от первых до 15 м) представлены стратиграфо-генетическими комплексами пролювиального и пролювиально-делювиального генезиса раннечетвертичного (князьбулакский комплекс), средне-позднечетвертичного (акчадарынский) и современного (амударынский) возраста. Нижнечетвертичные отложения представлены грубообломочными породами, средне-верхнечетвертичные и современные — дресвяно- и суглинисто-щебнистыми, а также щебнисто-гравийными отложениями с включением плохо окатанной гальки и песка. Породы часто интенсивно загипсованы и образуют наклонные ступенчатые равнины.

Между Букантау и Тамдытау широко распространены золотые пески, образующие массив Джаманкум. По периферии подгорных равнин в обширных и глубоких бессточных дефляционных впадинах развиты хемогенные озерные отложения.

Показатели инженерно-геологических свойств различных генетических типов четвертичных отложений приведены в табл. 20.2.

Подземные воды. Особенность гидрогеологических условий Центальных Кызылкумов — наличие малых артезианских бассейнов (Мынбулакский, Тамдыкудукский, Бешбулакский, Ташкуринский, Кызылакский, Укузкапский, Каратинский), разделенных

Свойства среднетвердых пролювиальных отложений (г. Зарафшан, по данным А. У. Тураходжаева)

Породы	Плотность, г/см ³		Естественная влажность, %	Коэффициент пористости	Угол внутреннего трения, градусы	Сцепление, 10 ³ Па	Модуль деформации, 10 ³ Па	
	твердых частиц	грунта при естественной влажности					сухого грунта	общей, водонасыщенного грунта
Суглинисто-щебнистые	2,30—2,72	1,66—2,20	3—10	0,29—0,41	34—54	0,30—1,65	130—870	110—660
	2,64 (135)	2,01 (176)	6 (45)	0,38 (23)	41 (81)	0,98 (80)	327 (59)	302 (59)
Супеси и суглинки	2,47—2,69	1,51—1,90	3—11	0,55—1,00	22—31	0,35—0,82	—	—
	2,63 (41)	1,62 (46)	6 (35)	0,75 (46)	24 (32)	0,51 (32)	—	—
Древесно-щебнистые с песчано-суглинистым заполнителем	2,52—2,67	1,93—2,11	3—12	—	38—47	0,35—0,48	270—510	180—450
	2,59 (28)	2,02 (29)	7 (23)	—	43 (69)	0,41 (57)	380 (15)	290 (17)

Примечания. 1. В числителе приведены предельные значения, в знаменателе — среднее, в скобках — число определений. 2. Аллювиально-пролювиальные отложения, представляющие древесно-щебнистыми породами с песчано-суглинистым заполнителем (по А. У. Тураходжаеву) рассматриваются как пролювий.

палеозойскими массивами, к которым приурочены трещинные и трещинно-карстовые воды. Трещинные воды распространены в песчаных и галечниковых отложениях; мощность зоны обводнения изменяется от первых до 80 м. Воды пресные и слабominерализованные (0,7—4,7 г/л), гидрокарбонатно-сульфатные и сульфатные натриевые. Трещинно-карстовые воды приурочены к карбонатным породам. Они вскрываются на глубине от 20 до 70 м, имеют минерализацию 1,3—4,5 г/л и сульфатный, гидрокарбонатный кальциевый-натриевый, местами сульфатный натриевый состав. Водонесущий комплекс алеб-сеномана отличается повышенной минерализацией (2,4—8,8 г/л). По химическому составу воды сульфатно-хлоридные натриевые, слабоагрессивные. Подземные воды турон-сенонских отложений характеризуются различной минерализацией. Наиболее широко развиты воды хлоридные натриевые с минерализацией 3—10 г/л и более. Пресные (до 1,5 г/л) встречаются на ограниченных участках и используются для водоснабжения.

Региональный водоупор сложен палеоцен-верхнемиоценовыми глинами, местами содержащими воды спорадического распространения верхнеплиоцен-четвертичных отложений. Водонесущие песчаные, крупнообломочные, песчано-галечниковые и щебнистые отложения мощностью 100 м и более. УГВ залегает на глубине 22—75 м. Воды пресные и слабосоленые с минерализацией 0,7—5,9 г/л и более. По химическому составу они сульфатные, натриевые и кальциевые, слабоагрессивные.

Современные геологические процессы и явления. В Центральных Кызылкумах широко развиты эоловые процессы, физическое выветривание, трещинообразование, карст, засоление, набухание и др.

Эоловый процесс развит на обширных пространствах и приводит к формированию песчаных массивов. Сухость климата, частые сильные ветры со скоростью 4—7 м/с и более преобладающего северо-западного направления создают благоприятные условия для развевания и перенесения песчаных накоплений. Наиболее распространены бугристые, грядовые и барханные пески (последние нередко заносят дороги и другие сооружения).

Физическое выветривание проявляется в раздроблении пород из-за резких перепадов суточных и сезонных температур и усиливается неоднородностью литологического состава. Летом этому способствуют высокая радиация и большая сухость, зимой — частые переходы температуры через точку замерзания. Процесс приводит к возникновению трещин выветривания, резкому снижению механической прочности пород вплоть до их разрушения с образованием рыхлообломочного материала в виде щебня, дресвы и глыб, которые, смешиваясь, формируют осыпи на склонах и у подножий возвышенностей. Интенсивно выветриваются углисто-слюдистые сланцы, чередующиеся с песчаными породами. Мощность выветрелой зоны составляет 0,5—1 м.

Региональный характер носит образование трещин, приуроченных к зонам крупных тектонических разрывов или к их пересече-

ниям. С удалением от зон разломов трещинообразование резко ослабевает или прекращается. Ширина зон трещиноватости достигает 500 м.

Второй тип трещин имеет техногенный характер проявления и связан с набуханием при искусственном увлажнении бентонитовых и монтмориллонитовых глин верхнего эоцена. Образование трещин в Учкудуке, Зарафшане, Тамдыбулаке и других населенных пунктах вызвало деформацию зданий и сооружений. Больше всего поврежденных зданий в пос. Тамдыбулак, где размеры трещин на стенах достигают 10 см.

Карстообразованию подвержены карбонатные породы терригенно-карбонатных формаций различного возраста. На поверхности карст выражен в виде воронок, пещер и карров. Трещиноватость пород усиливает этот процесс. Наибольшее развитие он получил в пределах горных массивов Кульджуктау, Букантау, Аристантау и др.

Засоление наблюдается на участках с близким залеганием уровня минерализованных грунтовых вод и выклинивания их на поверхность — в бессточных котловинах Мынбулак, Караката и др.

На территории области активно протекает набухание грунтов. Сильно набухают верхнеэоценовые зеленовато-серые бентонитовые глины. Они широко распространены и часто залегают под покровом четвертичных отложений. Мощность их колеблется от 0,5 до 100 м и более.

В последние годы активное вмешательство человека в геологическую среду вызывает техногенные процессы, связанные с разработкой в Центральных Кызылкумах месторождений твердых полезных ископаемых.

Глава 21

ОБЛАСТЬ ПОДГОРНЫХ АККУМУЛЯТИВНЫХ НАКЛОННЫХ РАВНИН, СЛОЖЕННЫХ АЛЛЮВИАЛЬНО- ПРОЛЮВИАЛЬНЫМИ ЧЕТВЕРТИЧНЫМИ ОТЛОЖЕНИЯМИ

На сочленении равнин Турана с горами Средней Азии расположена область подгорных аккумулятивных равнин, сложенных продуктами разрушения горных сооружений, снесенными с них постоянными и временными водотоками и отложенными у подножий в виде обширных слившихся между собой конусов выноса, прорезанных террасированными долинами. Выделяются две области второго порядка: Предкопетдагская и Предтянь-шаньская. Первая сложена разновозрастными пролювиальными отложениями, а вторую образуют мощные молассовые покровы: обширные валунно-галечные и песчано-суглинистые пролювиальные шлейфы и аллювиальные отложения крупных и мелких речных долин.

2.1.1. Пригородная область

Территория области вытянута на 600 км с юго-востока на северо-запад между двумя гребнями Копетдага и песками Низменности Каракум. Ширина ее изменяется от 8 до 50 км, площадь составляет 1350 км².

Самые высокие точки области определяются ее принадлежностью к Туркмендугатскому краевому прогибу, выполненному толщей оседлых и рыхлых отложений мощностью более 1500 м. Территория области густо населена, экономически развита и интенсивно осваивается.

По рельефу здесь выделяются предгорные расчлененные возвышенности, котловинная подгорная равнина и пологоволнистая равнина, которые геоморфологически соответствуют структурно-аккумулятивному и аккумулятивному типам рельефа. Предгорные возвышенности тянутся прерывистой полосой вдоль западного гребня Копетдага (абсолютные отметки 300—500 м). Юго-восточная подгорная равнина представляет собой шлейф протяжён 25—35 км с чередованием привершинных частей конусов выноса и котловинных понижений. Абсолютные отметки изменяются от 250—450 м в юго-восточной части области до 100—250 м на западе. Средние уклоны 0,02—0,08. Поверхность шлейфа сильно изрезана сетью веерообразных временных водотоков. К северу, на западе, подгорный шлейф выполаживается и постепенно переходит в пологоволнистую равнину, образовавшуюся взаимно пересекающимися периферийными частями конусов выноса. Абсолютные отметки равнины изменяются от 260—180 м на востоке до 130—220 м на западе.

Гидрографическая сеть области представлена многочисленными малыми речками, суммарный расход которых составляет около 12 м³/с. Равнину пересекает Каракумский канал им. В. И. Ленина, расходы которого у восточных границ составляют 30—50 м³/с, а у западной — около 1 м³/с (Казанджик). На канале созданы три водохранилища: Восточное, Западное и Копетдагское, объёмы которых соответственно равны 42; 2,1 и 193 млн. м³ (1986 г.).

Геологическое строение и инженерно-геологические особенности пород. Породы молассовой буроватой формации верхнего миоцена в пределах области залегают на глубинах от 60—100 м в районе Меана—Каахка до 100—300 м на предгорной равнине Центрального и Западного Копетдага. Иногда они выходят на поверхность, образуя предгорные возвышенности. Мощность формации убывает от 400—400 м на западе до 20—60 м на востоке. Сложена она конгломератами, гравийно-галечниковыми породами, лёссовидными супесями и суглинками.

В пределах Ашхабада основанием отдельных зданий является верхняя часть формации — «гажа», представляющая собой гипсоватые мелкопесчаные супеси. Они обладают высокой пористостью, небольшой сжимаемостью при естественной влажности, могут давать незначительную дополнительную усадку при увлажнении.

Плотность супеси составляет $1,57 \text{ г/см}^3$, плотность скелета грунта — $1,39 \text{ г/см}^3$, влажность — 13,5 %, коэффициент пористости — 0,933, коэффициент сжимаемости — $0,011 \cdot 10^{-5} \text{ Па}^{-1}$.

Четвертичные отложения (мощность до 500 м) имеют пролювиальное происхождение и слагают подгорный шлейф, конусы выноса и собственно предгорную равнину.

Стратиграфо-генетический комплекс нижне-среднечетвертичных пролювиальных отложений (мощность 50—500 м) слагает подгорный шлейф, представленный грубосортированными крупнообломочными породами с прослоями песчано-глинистых, местами перекрытых лёссами.

Гравийно-галечниковые отложения (мощность от первых до 500 м) слагают подгорный шлейф и верхние части конусов выноса, севернее выклиниваясь под песчано-глинистыми породами. Гранулометрический состав неоднородный, преобладают (до 75 %) гравийно-галечниковые обломки известняка и песчаника. Породы имеют довольно высокие показатели несущих свойств и устойчивы в откосах. В карьерах они выдерживают вертикальные откосы высотой до 10 м. Водопроницаемость зависит от состава заполнителя, $k_f = 0,5\text{—}20 \text{ м/сут}$ (в среднем 8—10 м/сут). По данным И. В. Лыковой и Л. М. Войтович, плотность твердых частиц грунта изменяется от 2,25 до 2,65 г/см^3 (в среднем 2,42 г/см^3), пористость — от 8 до 23 % (в среднем 15,5 %) (табл. 21.1 и 21.2).

Лёссы высокопористые обладают малой сжимаемостью при естественной влажности и повышенной — в увлажненном состоянии. Для них характерен высокий коэффициент относительной просадочности. Показатели их свойств приведены в табл. 21.1 и 21.2.

Наиболее широко в пределах области распространен стратиграфо-генетический комплекс верхнечетвертичных и современных пролювиальных отложений, слагающий пологоволнистую предгорную равнину. В составе преобладают песчано-глинистые породы. Мощность их колеблется от 0,5—5 м в краевых частях области до 10—20 м в средней.

Пески в верхней части отложений имеют вид маломощных слоев, прослоек и линз, слабо сцементированных. В нижней части они водонасыщенные, представлены отложениями мощностью до 20 м и, как правило, состоящими из крупных и средних размеров зерен. Пески кварцево-полевошпатовые, часто пылеватые. Коэффициент фильтрации достигает 1 м/сут. В среднем составляет примерно 1 м/сут. Под действием промерзания часто непросадочны, при увлажнении и давлении могут дать дополнительную осадку. Глинистые породы имеют лёссовидный облик и высокую пылеватость, они просадочны.

Изменчивость большинства показателей по главным направлениям является стационарной. Нестационарный режим наблюдается в вертикальном направлении установлен на отдельных участках для засоленности, относительной просадочности и показателей физико-механических свойств. В естественных условиях наибольшее содержание

Таблица 21.1

Свойства и засоленность нижне-среднечетвертичных (I) и верхнечетвертично-современных (II) пролювиальных отложений Предкопетдagsкой области

Комплекс	Порода	Естественная влажность, %	Плотность, г/см³		Коэффициент пористости	Показатели пластичности, %		Содержание легкоразрушаемых солей, %
			грунта при естественной влажности	скелета грунта		нижний предел	число пластичности	
I	Лёсс	4,2 2,2 (195)	1,47 0,06 (198)	1,34 0,09 (193)	0,842 0,070 (169)	1,7 2,6 (170)	6,9 2,6 (170)	0,73 0,42 (188)
		4,4 1,8 (13)	2,42 0,14 (13)	2,33 0,18 (13)	0,184 0,060 (13)	—	—	—
II	Гравийно-галечниковая	9,9 3,3 (1068)	1,73 0,12 (1819)	1,68 0,05 (1819)	0,739 0,080 (1497)	18,4 2,6 (781)	13,3 3,5 (781)	0,97 0,60 (2464)
		7,8 5,0 (2056)	1,66 0,11 (2372)	1,63 0,08 (2343)	0,772 0,055 (2249)	17,9 2,2 (508)	7,2 0,9 (508)	0,66 0,48 (4031)
	Супесь	6,8 2,2 (782)	1,60 0,11 (1192)	1,56 0,02 (1164)	0,789 0,080 (919)	18,6 2,7 (108)	6,3 2,0 (70)	0,29 0,23 (2800)
		5,1 2,3 (622)	1,58 0,18 (686)	1,55 0,11 (686)	0,785 0,109 (666)	—	—	0,24 1,26 (1618)

Примечание. В числителе приведены средние значения, в знаменателе — средние квадратические отклонения, в скобках — число определений.

Таблица 21.2

Физико-механические свойства ниже-среднечетвертичных (I)
и современно-верхнечетвертичных (II) пролювиальных отложений
Предкоптедагской области

Комплекс	Порода	Коэффициент сжимаемости при $p = (0,5-2) \cdot 10^5 \text{ Па}$, 10^{-6} Па^{-1}		Коэффициент относительной просадочности под природ- ным давлени- ем	Угол внутрен- него трения, градусы		Спеппение, 10^3 Па	
		при естественной влажности	при водо- насыщении		при естест- венной влаж- ности	при водо- насы- щении	при естест- венной влаж- ности	при водо- насы- щении
I	Лёсс	0,012	0,053	0,026	30	26	0,33	0,07
		0,007 (120)	0,020 (94)	0,012 (110)	7 (28)	3 (62)	0,80(22)	— (62)
II	Глина	0,010	0,032	0,020	38	26	0,34	0,10
		0,006 (230)	0,022 (196)	0,007 (298)	3 (67)	4 (400)	— (73)	— (268)
	Сугли- нок	0,012	0,039	0,015	26	24	0,25	0,05
		0,006 (378)	0,010 (201)	0,010 (378)	6 (154)	3 (466)	— (132)	— (415)
	Супесь	0,011	0,034	0,012	37	29	0,23	0,03
		0,008 (207)	0,018 (44)	0,008 (127)	4 (73)	3 (137)	— (65)	— (132)
	Песок	0,008	0,015	0,009	33	28	—	—
		0,007 (22)	0,057 (19)	0,003 (23)	— (11)	— (23)	—	—

Примечание. В числителе приведены средние значения, в знаменателе — средние квадратические отклонения, в скобках — число определений.

легкорастворимых солей наблюдается в верхней 2—3-метровой толще разреза, глубже после резкого спада оно постепенно снижается. В пределах этой же толщи на массивах орошения (Гяурс) при залегании УГВ ниже критического уровня засоленности пород с глубиной закономерно уменьшается, что связано с выносом солей инфильтрующей водой в нижние горизонты.

Просадочность пород под действием природного давления с глубиной возрастает (до 15 м), а под действием стандартного ($3 \cdot 10^5 \text{ Па}$) — в целом убывает. Просадочные свойства глинистые породы сохраняют до глубины 35—40 м.

Закономерность изменения физических свойств пород с глубиной (увеличение плотности, уменьшение пористости) подтверждается проходкой глубоких выработок (10—15 м и более). Естественная влажность, механические свойства вне капиллярно подвешенной и капиллярно поднятой зон увлажнения, число и пределы пластичности имеют стационарный режим изменчивости.

Региональная изменчивость показателей, подтвержденная трендом, отмечается для коэффициента относительной просадочности пород, который закономерно уменьшается в сторону более низких отметок рельефа.

При всех региональных исследованиях (до конца 1982 г.) типы глинистых пород выделялись по классификации В. В. Охотина

с принятием за глинистую фракцию частиц размером менее 0,005 м (по Стоксу). При переходе к классификации по ГОСТ 25100—82 это обстоятельство приведет к тому, что большая часть глин будет отнесена к суглинкам, а часть суглинков, в свою очередь, — к супесям [34].

Глины, преобладающие в северной части области, имеют гидрофобный состав, низкую коллоидную активность и неоднородный гранулометрический состав. По сравнению с суглинками, супесями и песками они отличаются большей влажностью и засоленностью. В зоне аэрации глины имеют низкие значения показателей механических свойств, при водонасыщении сжимаемость возрастает в 2—3 раза, угол внутреннего трения и особенно сцепление резко уменьшаются. Часто обладают просадочностью как под природным давлением, так и под давлением $3 \cdot 10^5$ Па.

Суглинки широко распространены в периферийных частях равнины, а также в пределах межконусных понижений. Залегают они отдельными слоями и линзами мощностью до 15 м и более. Глинистая фракция состоит преимущественно из гидрослюда. По гранулометрическому составу неоднородны, преобладает фракция пыли (в среднем 43 %). Как и глины, они характеризуются низкой пластичностью, твердой консистенцией в зоне аэрации, засоленностью. При естественной влажности слабосжимаемы, при увлажнении — среднесжимаемы, большая часть деформации уплотнения происходит при начальных нагрузках.

Суглинки под природной нагрузкой обычно просадочны. Максимальные значения коэффициента относительной просадочности наблюдаются в интервале глубин 5—15 м, но в интервалах 2—5 и 15—20 м его значения также часто составляют 0,01—0,03.

Супеси встречаются обычно в виде линз и слоев, реже слагают самостоятельные пласты. В их составе преобладает фракция мелкого песка. Показатели свойств приведены в табл. 21.1 и 21.2.

Подземные воды. Грунтовые воды в отложениях предгорной равны залегают на глубине от 1 до 20 м и более. Водовмещающими являются гравийно-галечниковые отложения, пески, супеси и суглинки. В естественных условиях глубина залегания грунтовых вод уменьшается от максимальных значений в предгорьях до минимальных в центральной части равнины. На севере равнины наблюдается погружение в сторону Низменных Каракумов. Поток грунтовых вод направлен на северо-запад и запад и имеет уклон от 0,05 до 0,005 на подгорном шлейфе до 0,001—0,0005 на периферии равнины. Скорость потока изменяется от 0,5 до 0,01 м/сут и меньше.

На массивах орошения и в зоне водоразводящих каналов формируются инфильтрационные бугры, превышающие фоновые отметки УГВ на 10—20 м. Скорость подъема УГВ на вновь осваиваемых массивах составляет в среднем 2 м/год. Его глубина здесь обычно не превышает 5 м. Скорость релаксации бугров обычно очень незначительна и составляет 0,006—0,007 м/сут.

Грунтовые воды преимущественно солоноватые (1—10 г/л), сульфатные магниево-натриевые. Пресные воды (до 1 г/л) развиты

в зоне подгорного шлейфа, по осевым частям конусов выноса, а соленые — в западной трети области и северной периферии восточной части. Воды преимущественно очень жесткие, при минерализации более 3 г/л обладают сульфатной агрессивностью, а при 28 г/л и более — магниальной. Режим грунтовых вод испытывает влияние техногенных факторов. Годовая амплитуда изменения УГВ составляет 0,5—3 м. Пресные подземные воды используются для водоснабжения населенных пунктов и орошения (в среднем 9—11 м³/с).

Современные геологические процессы и явления. Значительная часть современных геологических процессов, развитых в пределах области, имеет техногенный характер.

Широко развито подтопление. Подпор грунтового потока Каракумским каналом, интенсивная водоподача на орошаемые земли, недостаточное число и неудовлетворительная работа коллекторно-дренажных систем обусловили на части равнины подъем УГВ на 3—30 м. Общая площадь с повышенным УГВ составляет 16 % территории области. Наиболее интенсивен этот процесс на предгорной равнине Центрального Копетдага (Гяурский и Геоктепинский массивы, Ашхабад и прилегающие территории). Питание на 80 % происходит за счет инфильтрации из каналов, водохранилищ и с массивов орошения. С подтоплением связано увеличение сжимаемости и снижение прочности грунтов, приращение сейсмической балльности, просадки, засоление грунтов. Для стабилизации процесса целесообразно, кроме улучшения работы коллекторно-дренажных систем, сократить водоподачу из Каракумского канала и одновременно расширить сеть водозаборных скважин. В перспективе подтопление с образованием верховодки ожидается в западной части равнины в районе Кызыл-Арват — Казанджик.

Соробразование развито в местах неглубокого залегания соленых вод, особенно на участках Душак — Бабадурмаз и Арчман — Зау. Засоление грунтов как техногенный процесс проявляется в местах подъема УГВ выше критического (2,5—3 м). С засолением связаны ухудшение механических свойств и проявление агрессивности грунтов, а также резкое снижение урожайности сельскохозяйственных культур.

Просадки в естественных условиях развиты на предгорной равнине Западного Копетдага, а также в районе Ахсу — Бабадурмаз. В результате просадок образуются понижения в рельефе глубиной до 0,5 м и более с поперечными размерами от нескольких десятков до 5 м. При их формировании на просадку нередко накладываются механическая и химическая суффозии. Воздействие техногенных факторов просадки наблюдалось, в частности, на Гяурском орошаемом массиве, где были разрушены десятки зданий. В перспективе широкомасштабные проявления просадки ожидаются в районе Кызыл-Арват — Казанджик в первую очередь в верхней 10-метровой толще пород зоны аэрации в связи с инфильтрацией ирригационно-поливных вод.

Область является зоной разгрузки селевых потоков, расходы которых достигают 1000 м³/с (Ангез). В 1976 г. селевым потоком в районе Ахсу было прорвано русло Каракумского канала и размыто полотно асфальтовой дороги длиной до 300 м. В 1975 г. в пределах Кызыл-Арвата селевым потоком повреждена линия железной дороги и затоплена часть жилого массива.

Предкопетдагская равнина по сейсмичности относится к 8—9-балльной зоне. Подъем УГВ способствует росту интенсивности землетрясений на 1—2 балла.

В пределах области развиты также эрозионные (обычно на подгорном шлейфе) и эоловые процессы, деградация такыров (на северных перифериях равнины), такырообразование (южнее дамбы Каракумского канала). Водонасыщенные пески обладают плавучестью.

21.2. Предтень-шаньская область

Область приурочена к зоне сочленения Туранской плиты с Тянь-Шаньским и Гиссаро-Алайским постплатформенными орогенами. В геолого-структурном плане она относится к Кашкадарьинскому, Ташкент-Голодностепскому, Предкиргизскому предорогеным прогибам и моноклинальным склонам Амударьинской, Сырдарьинской и Чу-Сарысульской впадин.

Область объединяет наклонные аллювиально-пролювиальные четвертичные равнины, приподняты на высоту 300—1000 м и осложненные выступами более древних пород.

У подножий Киргизского и Таласского хребтов, большей части Каратау и Туратинских гор эти равнины образованы слившимися разновозрастными конусами выноса рек и временных водотоков и сложены валунисто-галечниковыми и песчано-супесчаными отложениями. Вдоль западного окончания Каратау, Чаткало-Кураминских гор и Гиссарского хребта развиты обширные среднечетвертичные лёссовые покровы: прорезанные современными долинами рек Чу, Талас, Ассы, Чирчик, Ангрен, Кашкадарья и их притоков.

Геологическое строение и инженерно-геологические особенности пород. В Приташкентских Чулях у подножия хребтов Большого и Малого Каратау, Зирабулак-Знаэтдинских гор на дневную поверхность выходят дислоцированные породы мела, палеогена и новейшие орогенные молассы. Меловые отложения образуют терригенную пестроцветную формацию (мощность до 700 м), представленную переслаивающейся толщей серых, зеленых и бурых пород аллювиального, аллювиально-пролювиального, прибрежно-морского и частично морского генезиса. В разрезе преимущественно распространены глинистые породы, разнозернистые пески и песчанки, в меньшей степени — известняки, гравелиты и мелкогалечные конгломераты.

Глины часто песчанистые, иногда тонкослонистые, гидрослюдистые с плотностью грунта при естественной влажности (1,68—

2,16 г/см³ (в среднем 1,72 г/см³). Число пластичности равно 25 %, пористость — 40 %. Свободное набухание при замачивании достигает 22 % (в среднем около 9 %). Степень коррозионности глин меняется от 2,6 до 12,9 мм/год.

Пески преимущественно разнозернистые, кварцево-слюдистые, заглинованные. Плотность песков рыхлого сложения изменяется вниз по разрезу от 1,30 (для сенонских) до 1,15 г/см³ (для сеноманских), уплотненных — от 1,52 до 1,47 см³, угол естественного откоса сухой породы составляет 35—39°, водонасыщенной — 26—30°.

Песчаники мелко- и разнозернистые, полимиктовые, косослоистые, цемент глинистый или карбонатный, чаще смешанный.

Химический состав известняков (Унгуйское месторождение) следующий (в %): CaO 25, MgO 15, Fe₂O₃+Al₂O₃ 2, нерастворимый остаток до 58 (в среднем 22), потери при прокаливании порядка 36. Плотность грунта составляет 1,57—2,10 г/см³. Экстремальные значения временного сопротивления сжатию воздушно-сухой породы — (28—389) · 10⁵ Па, водонасыщенной — (25—247) · 10⁵ Па.

Отложения палеоцена и эоцена, выделенные в терригенно-карбонатную сероцветную формацию, неширокой прерывистой полосой окаймляют выходы меловых пород. Известняки-ракушечники составляют нижнюю часть разреза формации (Мойтайтамское месторождение строительного камня) и имеют следующие свойства: плотность грунта 1,78—2,18 г/см³, водопоглощение 3,5—15,7 %, коэффициент размягчения 0,63—1,00, временное сопротивление сжатию сухой породы (83—455) · 10⁵ Па, водонасыщенной — (53—414) × 10⁵ Па.

Глины в основном монтмориллонитовые, обладают способностью к набуханию; в отдельных случаях величина свободного набухания составляет 69 %. Для них характерна и высокая степень коррозионности (13 мм/год). Показатели ряда свойств глин приведены в табл. 21.3.

Новейшие формации — нижняя, красноцветная олигоцен-миоценовая, и верхняя, буроватая позднелигоценная, — в Предташаньской области имеют значительные мощности и сложное строение. Нижняя формация состоит из плотных, крепких, сильно засоленных (скорость коррозии достигает 11,5 мм/год) глин и алевролитов (см. табл. 21.3).

Нижняя часть разреза молассовой буроватой формации верхнего плиоцена сложена преимущественно желтовато-серыми, палевыми и коричневыми глинистыми породами с подчиненными пластами и пачками песчаников и конгломератов, в подгорной зоне хр. Каратау — мергелей и песков. Число и мощность пластов конгломератов возрастают вверх по разрезу, где они почти полностью вытесняют все остальные породы. Мощность формации достигает 700 м.

Глины карбонатные, опесчаненные, иногда слоистые, с плотностью грунта от 1,30 до 2,33 г/см³, пористостью от 24 до 53 %, числом пластичности от 7 до 42 % (при верхнем пределе 21—79 %),

Таблица 21.3

Свойства глини терригенно-карбонатной формации палеогена — эоцена (I)
и молассовой красноцветной формации олигоцен-миоцена (II)
Приташкентских Чулей и юго-западных склонов Каратау

Формация	Район	Плотность, г/см ³			Коэффициент пористости	Показатели пластичности, %	
		твердых частиц	грунта при естественной влажности	скелета грунта		нижний предел	число пластичности
I	Приташкентские Чулы	2,63—2,87	1,70—2,00	1,31—1,59	0,72—1,10	48—81	7—52
		2,75 (19)	1,88 (19)	1,46 (19)	0,89 (19)	66 (26)	36 (26)
		2,56—2,84	1,68—2,26	1,23—1,59	0,41—1,16	25—86	8—47
		2,73 (37)	1,93 (37)	1,56 (37)	0,77 (37)	54 (48)	11 (6)
II	Юго-западные склоны Каратау	2,60—2,80	1,64—2,04	1,18—1,76	0,57—1,35	29—91	15—60
		2,79 (12)	1,81 (12)	1,48 (12)	0,88 (12)	57 (12)	34 (12)
		2,70—2,80	1,84—2,22	1,44—2,04	0,35—1,09	25—75	15—46
		2,77 (44)	2,11 (44)	1,90 (44)	0,48 (44)	36 (69)	25 (69)

Примечания. В числителе приведены предельные значения, в знаменателе — средние, в скобках — число определений.

средним значением свободного набухания от 8 до 16 % (иногда до 30,5 %), степенью коррозионности от 3,8 до 7,2 мм/год.

Пески разнозернистые, чаще среднезернистые, обладают плотностью грунта в предельно рыхлом сложении 1,50 г/см³, в предельно плотном — 1,69 г/см³, угол естественного откоса воздушно-сухих песков равен 32°, под водой — 31°. Песчаники разнозернистые, полимиктовые, с плотностью грунта 2,28—2,69 г/см³, пористостью 12 %, временным сопротивлением сжатию сухой породы (55—144) · 10⁵ Па. Конгломераты и галечники сцементированы глинисто-карбонатным цементом, гальки хорошо окатаны и составляют до 60 % объема породы. Размеры гальки 3—4 см (максимально 7—8 см в поперечнике). Плотность грунта изменяется от 1,75 до 2,50 г/см³, пористость достигает 35 %. Временное сопротивление сжатию при естественной влажности составляет (3—240) · 10⁵ Па. При трехкратном замораживании конгломераты разрушаются.

Широко распространены четвертичные отложения различного генезиса и возраста.

Стратиграфо-генетический комплекс нижнечетвертичных аллювиальных отложений развит фрагментарно в пределах адыров и представлен конгломератами различного петрографического состава с карбонатным крепким цементом.

Стратиграфо-генетический комплекс пролювиальных среднечетвертичных отложений представлен своеобразным лёссовым покровом мощностью до 70 м, развитым у подножий Каратау и Чаткало-Кураминских гор до долины Сырдарьи. Не менее обширные площади он занимает в бассейне Кашкадарьи. Лёссы желтовато-се-

рые и светло-коричневые, образуют однородную толщу с двумя-тремя горизонтами погребенных почв мощностью до 3 м. В обнажениях наблюдаются характерные для лёссов вертикальная трещиноватость и столбчатая отдельность. Состоят они из супесей и легких суглинков. В гранулометрическом составе отмечается большое содержание пылевой фракции (55—80 %). Лёссам свойственна высокая карбонатность (17—40 %). Большим содержанием карбонатов отличаются погребенные почвы. В Кашкадарье наблюдается значительная (4,4—19 %) загипсованность лёссов.

Расчлененность рельефа, крутизна склонов водоразделов, различная глубина залегания грунтовых вод и орошение предопределяют значительное изменение естественной влажности — от 2,3 до 30 %. Плотность твердых частиц лёсса изменяется от 2,68 до 2,88 г/см³ (в среднем 2,74 г/см³). Эти пределы плотности во всех разрезах выдержаны. Плотность грунта варьирует от 1,24 до 1,71 г/см³. Наибольшие значения характерны для лёссов староорошаемой зоны. Увеличивается она и с глубиной. Лёссам свойственна высокая пористость (46—56 %). Число пластичности составляет 8 % при верхнем пределе пластичности 28 %. При естественной влажности $\varphi=17-24^\circ$, $c=(0,298-0,598) \cdot 10^5$ Па, при водонасыщении $\varphi=15-21^\circ$, $c=(0,032-0,037) \cdot 10^5$ Па. При естественной влажности коэффициент внутреннего трения изменяется от 0,852 до 0,752, а при водонасыщении — от 0,440 до 0,276.

Лёссы ненабухающие, просадочные. Величина просадочности меняется в широком диапазоне (0,5—16 %). По Э. В. Кадырову, высокими средними значениями относительной просадочности (от 3 % на глубине 0—5 м до 6,2 % на глубине 15—20 м) характеризуются лёссы в районе Приташкентских Чулей. Наиболее просадочные при природной нагрузке разности встречены в интервале 9—11 м. Мощность просадочной толщи составляет 25—30 м. На правобережье Чирчика просадочность проявляется до глубины не более 20 м. Относительная просадочность изменяется от 0,5 до 4 %.

Для лёссовых массивов долины р. Арысь, целостность которых нарушена речной и овражной сетью, характерны сильные изменения относительной просадочности. Максимальные значения (2,5—4 %) наблюдаются на глубине 11—15 м. В предгорьях Южного Гиссара относительная просадочность лёссов изменяется от 0,5 до 12 % (в среднем 4—5 %).

Вблизи каналов и речных долин, а также в зонах орошения, особенно старого, средняя относительная просадочность лёссов резко падает. Породы, подвергшиеся длительной замочке, при орошении уплотняются и теряют характерные признаки лёссов — высокую пористость и просадочность.

Стратиграфо-генетический комплекс аллювиально-пролювиальных и аллювиальных отложений среднечетвертичного возраста составляет верхнюю часть конусов выноса и четвертую террасу больших и малых подгорных рек и представлен гравийно-галечниковыми и песчаными породами, перекрытыми слоистыми лёссовидными супесями и суглинками мощностью 1,2—15 м с прослойками и лин-

зами песка и гравия. Мощность и число прослоев грубообломочных пород уменьшаются по мере удаления от гор. Гранулометрический состав лёссовидных пород характеризуется значительным содержанием (до 90 %) фракций менее 0,5 мм, из них глинистой — от 8,96 до 12,56 %; пылевой фракции в них меньше, чем в пролювиальном лёссе (в среднем около 68 %). Показатели физических свойств приведены в табл. 21.4.

Лёссовидные суглинки просадочны, коэффициент относительной просадочности изменяется от 0,01 до 0,04, а мощность просадочного слоя — от 5 до 3 м и более. В зоне орошения суглинки и супеси практически непросадочны. Часто в просадочной толще присутствуют горизонты непросадочных пород (погребенные почвы). Коэффициент фильтрации суглинков и супесей равен 0,1—0,2 м/сут. Содержание водорастворимых солей не превышает 0,5 %. Тип засоления сульфатный.

Гравийно-галечниковые отложения слабо цементированы. Галька разноразмерная, в основном средней, окатанности. Размер ее не превышает 8 см (средний 3—4 см). Галька составляет до 60 % общего объема породы. Заполнитель гравийно-супесчаный, со следующим гранулометрическим составом: частиц 0,05—2 мм и менее 11 %.

Таблица 21.4

Свойства среднечетвертичных аллювиальных и аллювиально-пролювиальных отложений Киргизского хребта и Таласского Алатау, отрогов Каратау и Причирчикентского района

Район	Порода	Плотность, г/см³			Пористость, %	Показатели пластичности, %	
		твердых частиц	грунта при естественной влажности	скелета грунта		предел текучести	число пластичности
Киргизский хр.	Суглинок	2,58—2,83	1,26—1,99	1,16—1,82	32—54	22—38	6—19
		2,77 (249)	1,61 (38)	1,50 (38)	43 (38)	28 (106)	12 (106)
Таласский Алатау	Супесь	2,55—2,76	1,66—1,98	1,27—1,77	35—47	6—89	5—11
		2,65 (52)	1,80 (7)	1,59 (7)	40 (7)	12 (106)	7 (37)
Отроги Каратау	Суглинок	2,67—2,81	1,33—2,01	1,20—1,77	35—53	21—41	6—27
		2,73 (80)	1,70 (49)	1,52 (45)	47 (43)	28 (103)	12 (1031)
	Супесь	2,62—2,72	1,57—1,73	1,39—1,56	—	6—27	4—8
		2,67 (15)	1,65 (5)	1,47 (5)	—	11,5 (103)	7 (13)
Причирчикентский район	Суглинок	2,65—2,81	1,21—2,08	1,19—1,62	28—56	16—35	7—17
		2,70 (94)	1,49 (362)	1,33 (362)	48 (362)	26 (340)	9 (340)
	Супесь	2,65—2,78	1,29—1,82	1,23—1,67	39—55	19—34	2—7
		2,69 (60)	1,43 (75)	1,38 (78)	49 (75)	24 (117)	6 (117)

Примечание. В числителе приведены предельные значения, в знаменателе — средние, в скобках — число определений.

2—20 мм — 38 %. 20—60 мм (мелкая галька) — 30 %. Коэффициент фильтрации гравийно-галечниковых отложений достигает 50 м/сут.

Стратиграфо-генетический комплекс верхнечетвертичных аллювиальных и аллювиально-пролювиальных отложений образован слившимися конусами выноса, занимающими большую часть подножий юго-западных отрогов Гиссара, Нурата-Туркестанских гор, Киргизского хр., и составляет третью террасу больших и малых рек, а в районе хр. Каратау — и вторую.

Верхняя часть конусов выноса комплекса сложена преимущественно уплотненными галечниковыми породами с песчано-гравийным заполнителем, в районе Киргизского хр. в разрезе преобладают валуны. Механический состав их неоднородный, размер и окатанность галек зависят от удаленности области сноса.

По мере продвижения вниз с гор грубообломочный материал перекрывается лёссовидными суглинками и супесями, мощность которых увеличивается к периферии конусов выноса до 20 м. В них присутствует значительная примесь рассеянного и концентрированного в отдельные линзы гравийно-галечникового материала, содержание которого по мере удаления от гор уменьшается.

Содержание водорастворимых солей в суглинках и супесях возрастает по мере удаления от гор от десятых долей до 4 %. По периферии предгорных равнин развиты солончаки (сазовая зона Голодной степи). Тип засоления меняется от сульфатного до сульфатно-хлоридного и хлоридного.

Лёссовидные породы просадочны, но в каждом районе просадочность проявляется по-разному. Верхнечетвертичные суглинки и супеси, окаймляющие Зирабулак-Зиаэтдинские горы, слабопросадочны и непросадочны, локально просадочны суглинистые породы вдоль восточного обрамления Нуратинских гор (суммарная просадка не более 10 см). Наиболее просадочны (5—15 см) лёссовидные породы на юге Голодной степи и подгорных равнинах Чаткальского и Кураминского хребтов.

Террасы имеют двучленное строение. Нижняя часть их сложена гравийно-галечниковыми отложениями, верхняя — лёссовидными слонстыми супесями и суглинками мощностью от 2 до 10 м (иногда до 30 м), которые характеризуются незначительной просадочностью (до 10 см). Основные показатели физических и механических свойств приведены в табл. 21.5 и 21.6.

Стратиграфо-генетический комплекс современных аллювиальных отложений складает пойму, одну или чаще две надпойменные террасы. Представлен он серыми хорошо промытыми галечниками, перекрытыми слонстыми супесями и суглинками мощностью от 2 м на первой террасе до 3 м на второй.

Галечники хорошо окатанные с разнозернистым гравийно-песчаным заполнителем. Гранулометрический состав аллювия закономерно изменяется вниз по течению. Петрографический состав гравийно-галечных и песчаных пород каждой долины определяется строением прилегающей области сноса. Так, в составе аллювия

Таблица 21.5

физические и физико-химические свойства верхнечетвертичных аллювиальных и аллювиально-пролювиальных отложений предгорных равнин Киргизского и Таласского хребтов, хребтов Большой и Малый Каратау и Приташкентского района (Угамский хр.)

Район	Порода	Плотность, г/см³			Коэффициент пористости	Показатели пластичности, %	
		твердых частиц	грунта при естественной влажности	скелета грунта		индекс текучести	число пластичности
Киргизский и Таласский хребты	Глина	2,68—2,80 2,74 (19)	1,80—2,06 1,86 (15)	1,36—1,72 1,56 (15)	0,63—1,04 0,79 (15)	29—45 35 (18)	17—21 20 (18)
	Суглинок	2,59—2,80 2,72 (210)	1,36—2,17 1,65 (15)	1,18—1,94 1,52 (17)	0,58—1,22 0,78 (17)	17—50 28 (188)	5—20 11 (188)
	Супесь	2,64—2,77 2,69 (32)	1,31—1,68 1,51 (18)	1,24—1,42 1,33 (18)	0,96—1,12 1,04 (13)	15—27 20 (31)	3—8 6 (31)
Большой и Малый Каратау	Суглинок	2,68—2,77 2,70 (13)	1,38—1,76 1,52 (12)	1,31—1,56 1,42 (12)	0,78—1,08 0,92 (12)	24—28 27 (8)	7—10 9 (8)
	Супесь	2,65—2,70 2,66 (15)	1,44—1,57 1,51 (15)	1,38—1,52 1,45 (15)	0,75—0,92 0,82 (15)	19—23 21 (15)	3—7 4 (15)
Приташкентский район	Суглинок	2,65—2,80 2,72 (151)	1,23—1,92 1,45 (151)	1,19—1,71 1,40 (151)	0,58—1,27 0,96 (151)	16—35 25 (151)	7—14 8 (151)
	Супесь	2,66—2,75 2,69 (18)	1,30—1,68 1,51 (18)	1,29—1,64 1,47 (18)	0,61—1,08 0,85 (18)	16—26 22 (26)	5—7 6 (26)

Примечание. В числителе приведены предельные значения, в знаменателе — средние, в скобках — число определений.

Таблица 21.6

Физико-механические свойства верхнечетвертичных аллювиальных и аллювиально-пролювиальных отложений предгорных равнин Киргизского и Таласского хребтов и Приташкентского района (Угамский хр.)

Район	Порода	Угол внутреннего трения, градусы		Сцепление, 10^5 Па	
		при естественной влажности	при водонасыщении	при естественной влажности	при водонасыщении
Предгорные равнины Киргизского и Таласского хребтов	Суглинок	6—30	—	0,10—1,70	—
		23 (15)	—	0,81 (15)	—
	Супесь	12—31	—	0,30—0,60	—
		23 (13)	—	0,43 (13)	—
Приташкентский район	Суглинок	15—33	12—30	0,005—0,60	0,005—0,20
		26 (29)	24 (29)	0,20 (29)	0,08 (29)
	Супесь	25—38	12—28	0,03—0,30	0,005—0,20
		28 (15)	21 (15)	0,18 (15)	0,11 (15)

Примечание. В числителе приведены предельные значения, в знаменателе — средние, в скобках — число определений.

р. Келеса преобладают порфиры и порфириты, р. Заамнису — известняки, кварциты и кремнистые сланцы, р. Кашкадарья — известняки, роговики и т. д.

Покровные супеси и суглинки в основном палевого цвета, значительно карбонатизированные, макропористые, в верхней части долины с примесью зерен крупного песка, линзами гальки. Среднее значение их плотности изменяется от 1,51 (долина Келеса) до 1,83. Число пластичности колеблется от 10 % для суглинков до 5 % для супесей. Максимальное значение сцепления грунта при естественной влажности для суглинков ($0,96 \cdot 10^5$ Па) зафиксировано в районе западных отрогов Каратау, минимальное ($0,24 \cdot 10^5$ Па) — в Причымкентском районе, при водонасыщении $c = (0,25—0,12) \times 10^5$ Па, породы незасоленные или слабозасоленные.

Стратиграфо-генетический комплекс современных аллювиально-пролювиальных отложений сформирован водотоками мелкоречного и временно-суходольного типа, развитыми вдоль Киргизского хребта, Каратау, Туркестанских, Нуралинских и Зирабулак-Зияздинских гор. Отложения представлены плохо окатанными галечниками, в низовьях — гравийно-песчаными образованиями, перекрытыми маломощным покровом супесей и суглинков. Размер галек разнообразный, встречаются валуны диаметром 20—30 см и гравий диаметром 2—3 см. Мощность галечников обычно достигает 20 м. Плотность галечников составляет $2,02 \text{ г/см}^3$, песков — $1,83 \text{ г/см}^3$. Супесчано-суглинистые породы по физико-механическим свойствам схожи с аллювиальными (см. табл. 21.4 и 21.5).

В результате строительной и хозяйственной деятельности человека сформировался новый тип отложений — антропогенный. Составляет он из различных видов насыпных грунтов и осадков искусственных водоемов. Интенсивное накопление их происходит преимущественно на территориях городов и промышленных центров.

Насыпные грунты, согласно А. И. Худайберганову, в Ташкенте распространены в зоне древнего поселения (мощность до 20 м), в восточной части города (до 3 м) и в зоне современной застройки (до 1 м). Представлены они суглинками и супесями с включениями и скоплениями погребенных остатков бутовой кладки, строительных и хозяйственно-бытовых отходов (до 20 %). Степень карбонатности насыпных грунтов изменяется от 17 до 36 %.

Грунты характеризуются повышенным содержанием органических веществ, потери при прокаливании составляют 3—6 %. Пластичность грунтов невысокая: $w_L = 26-42\%$, $I_p = 5-11\%$. Плотность грунта изменяется от 1,11 до 1,64 г/см³, плотность твердых частиц грунта — от 2,62 до 2,71 г/см³. Насыпные грунты имеют высокую пористость (39—58 %), максимальную в верхнем 2—3-метровом слое. С глубиной пористость уменьшается и составляет в среднем 42—50 %, а в зоне древнего поселения — до 38 %. Грунты среднесжимаемые, при давлении $3 \cdot 10^5$ Па коэффициент сжимаемости при естественной влажности равен $(0,013-0,015) \times 10^{-5}$ Па⁻¹.

Отложения искусственных водоемов (мощность до 7,8 м) распространены в долинах Салара и Карасу и состоят из гравийно-галечников, суглинков и супесей с включением гальки, гравия, песка и органических примесей.

Подземные воды. С песчано-карбонатными отложениями меловой терригенной сероцветной и палеогеновой терригенно-карбонатной формаций связаны преимущественно напорные подземные воды. Там, где отложения выходят на дневную поверхность, они представляют собой область питания и характеризуются развитием трещинно-карстовых вод. В предгорьях Каратау, на южных склонах Зирабулак-Знаэтдинских гор и в Приташкентских Чулях глубина залегания уровня подземных вод в логах и саевых понижениях составляет 5—7 м (местами до 12 м), в предгорьях Угамского и Каржаптауского хребтов и Кызылкурта — 50 м, в понижениях — 10—20 м. В предгорьях Каратау и Зирабулак-Знаэтдинских гор отмечены родники с расходами 0,1—3 л/с. Последние встречаются группами с общим расходом до 100 л/с и более. В Каратау, Кургунтау и Кызылкурте подземные воды от пресных до слабосоленоватых, в Зирабулак-Знаэтдинских горах — солоноватые (до 6 г/л). Местами при минерализации более 5 г/л они проявляют сульфатную агрессивность.

Водонесные комплексы, приуроченные к молассовой красно- и буроватой формациям верхнего палеогена и неогена, вблизи гор содержат пресные воды, с удалением минерализация их постепенно увеличивается. Дебиты отдельных источников изменяются от сотых до десятых долей кубического метра в сутки.

Наличие крупнопористых рыхлообломочных отложений в четвертичных комплексах аллювия рек и временных водотоков способствует формированию мощных подземных потоков, направленных от гор к равнине. В головных частях конусов выноса находится зона питания с глубиной залегания подземных вод до 100 м. Воды этой зоны обычно пресные (не более 0,7 г/л) гидрокарбонатные кальциевые. По периферии предгорных равнин, образованных слившимися конусами, выделяется зона выклинивания, где подземные воды залегают очень близко от поверхности, образуя солончаки, заболоченные участки, источники и речки (карасу). Воды этой зоны от пресных (предгорья Киргизского и Таласского Алатау) до соленых (сазовая зона Голодной степи). Далее от гор расположена зона неглубокого залегания (5—30 м) и вторичного погружения подземных вод. Воды от пресных до солоноватых, преимущественно сульфатно-натриевого состава, местами проявляют сульфатную агрессивность.

В пределах северо-восточных отрогов хр. Каратау и северного борта Каршинской депрессии подземные воды не имеют сплошного распространения, а вытягиваются отдельными полосами, напоминающими подрусловые потоки. Воды здесь пресные и слабосолоноватые, гидрокарбонатные, гидрокарбонатно-сульфатные, реже сульфатные. В отдельных местах они проявляют сульфатную агрессивность.

Иные гидрогеологические условия присущи районам, расположенным вдоль юго-западного окончания Каратау, Чаткало-Кураминских гор и Зеравшано-Гиссарской горной системы, где подгорные равнины образованы среднечетвертичными лёссовыми покровами, прорезанными верхнеплейстоцен-голоценовыми террасированными долинами Бугуни, Арысп, Келеса, Чирчика, Ангрена и Кашкадарьи. В пределах лёссовых покровов, образующих водоразделы, грунтовые воды залегают на глубине от 10 до 40 м. Воды пресные и слабосолоноватые (0,4—3 г/л).

Орошаемые районы подтапливаются ирригационно-грунтовыми водами, уровни которых залегают на глубине 1—3 м. В долинах рек грунтовые воды, содержащиеся в валуно-галечниковых, песчано-гравийных и суглинистых верхнеплейстоцен-голоценовых отложениях и залегающие на глубине 5—0,5 м, в основном пресные и неагрессивные.

Современные геологические процессы и явления. Их комплекс в Предтьянь-шаньской области определен особенностями ее структурного и геоморфологического положения. Область расположена в 8—9-балльной сейсмической зоне. Это подтверждается такими землетрясениями, как Ташкентское (1966 г.) и Назарбекское (1978 г.).

Морфологическая принадлежность области к предгорной зоне объясняет широкое развитие процессов, связанных с деятельностью поверхностных вод. Площадная и линейная эрозионная деятельность вод проявляется в образовании промоин шириной до 2 м и глубиной 3—5 м, суходолов и оврагов в основном в толщах лёссов-

вых пород. По крупным саям наблюдается эрозионная деятельность водотоков с подмывом и обрушением берегов и образованием вдоль древних каналов (Бозсу, Бурджара и др.) глубокой сети оврагов, захватывающих полосу шириной до 1 км. В пределах низких предгорий, сложенных лёссовыми породами ташкентского и голодностепского комплексов, глубина оврагов достигает 25 м, протяженность 1,5 км, а ширина изменяется от 3 до 25 м. Склоны оврагов имеют крутизну до 60°. Продолжный профиль оврагов чаще всего имеет прямолинейную форму.

В лёссовых породах развиваются просадочные процессы. В естественных условиях просадки наблюдаются в Кокаральском массиве, Дальверзинской степи, в предгорьях Киргизского хр., на пролювиальной равнине Голодной степи. В результате образуются просадочные блюдца, в пределах которых амплитуда вертикальной деформации колеблется от 0,5 до 0,8 м (реже до 3 м). Чаще всего такие просадочные формы круглые или овальные диаметром 5—10 м, в редких случаях 100—150 м.

В зонах нового орошения просадки проявляются в виде вертикальных смещений до 3 м (каналы Северо-Ташкентский, Джун, Хамдам, Южно-Ташкентский), просадочных блюдц и провальных воронок (Кокаральский массив). В зонах естественного выклинивания грунтовых вод по периферии предгорных равнин широко развит процесс засоления (солончаково-сазовая зона Голодной степи).

В поймах крупных рек и конусов выноса, в эрозионных понижениях и каналах идет осадконакопление. В долинах и поймах Чирчика, Ахангарана, Чу, Кашкадарьи, Карасу и других рек и их притоков накапливаются преимущественно галечники, а ирригационные каналы заиляются суглинками и супесями. Мощность осадков 1—5 м.

На нижних пойменных террасах с близким залеганием УГВ (1—5 м) развиваются заболачивание и подтопление. В условиях орошения эти процессы, а также вторичное засоление вызываются подъемом УГВ в связи с недостаточностью и несовершенством проведения мелиоративных мероприятий.

Раздел III

ОПЫТ ХОЗЯЙСТВЕННОГО ОСВОЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ТУРАНСКОЙ ПЛИТЫ

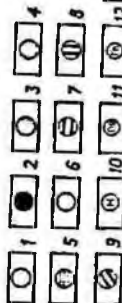
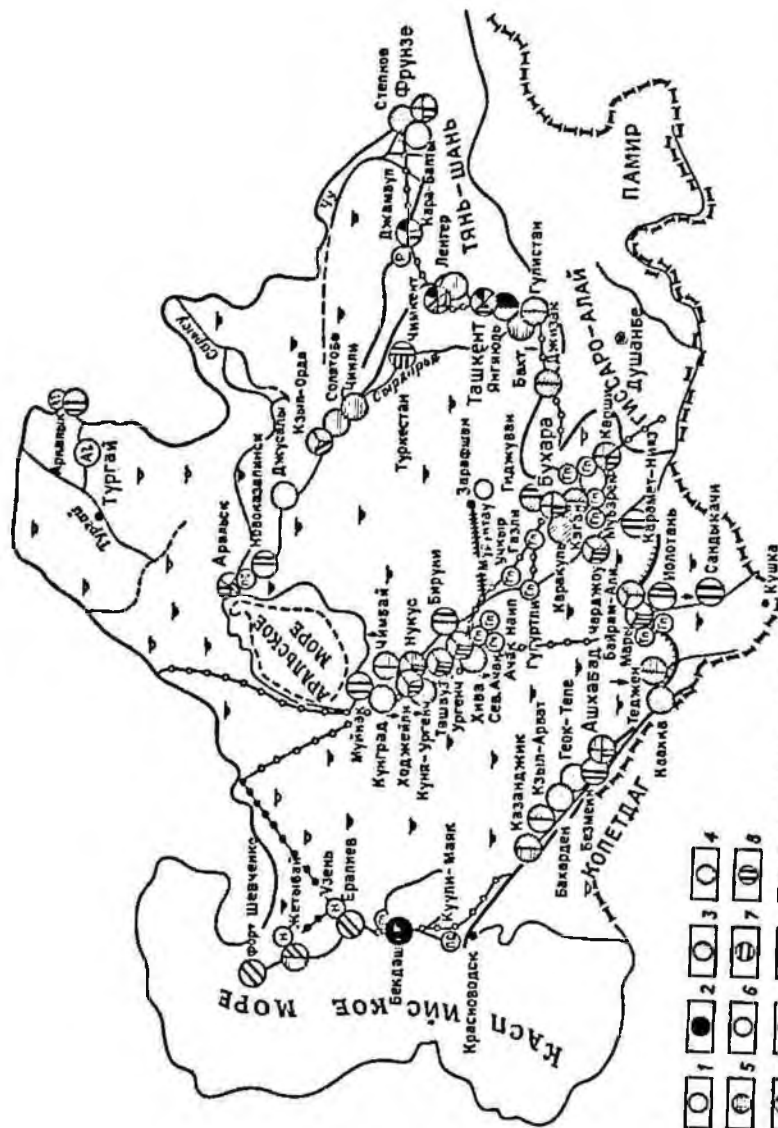
Развитие производительных сил региона сопровождалось определенным воздействием на окружающую среду. Динамика преобразования земной коры под влиянием инженерной деятельности человека зависела от характера сооружений и изменения геологических условий. В настоящее время наибольший практический интерес приобретают не только вопросы обеспечения проектирования, строительства и эксплуатации сооружений необходимыми сведениями о свойствах пород и протекающих в них естественных и вызванных деятельностью человека процессах и явлениях, но и вопросы надежности решений, принятых по долговременному прогнозу влияния сооружений на окружающую среду.

В республиках, расположенных на территории Туранской плиты, накоплен значительный опыт изучения горных пород как грунтов, выявлены важнейшие закономерности изменчивости их свойств и разработаны методы прогноза и управления этими свойствами. Кроме того, огромные масштабы разнообразных видов строительных, гидротехнических и мелиоративных работ в различных и сложных природных условиях обусловили разработку и практическое осуществление специфических приемов освоения геологической среды в различные исторические периоды. В определенных геологических условиях для конкретных видов строительства круг решаемых проблем и применяемые приемы по обеспечению устойчивости сооружений могли оставаться однотипными, но масштабы последующих изменений геологической среды, вызываемых хозяйственной деятельностью на различных этапах исторического развития общества, были несопоставимы. Они зависели от технической вооруженности общества, масштабности и видов сооружений и характера применяемых конструктивных материалов. В этой связи большое значение имеет выявление преемственности и комплекса наиболее эффективных решений при определенных видах строительства.

Глава 22

ОПЫТ ИНЖЕНЕРНО-ХОЗЯЙСТВЕННОГО ОСВОЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ ТУРАНСКОЙ ПЛИТЫ

Особенности хозяйственного освоения (рис. 22.1) Туранской плиты определяются разнообразием геологического строения, рельефа и гидрогеологических условий, специфичностью свойств отдель-



ных видов грунтов, высокой сейсмичностью в совокупности с различными проявлениями экзогенных геологических процессов. Основные районы хозяйственной деятельности сосредоточены вдоль главнейших рек, где основаниями фундаментов сооружений были преимущественно различные виды песков, валуно-галечники, песчано-суглинистые и лёссовые породы с различной степенью литификации. В настоящее время в хозяйственный оборот вовлекаются пустынные и высокоприподнятые равнины, сложенные золотыми песками и дислоцированными глинисто-песчаными породами. Изменчивость грунтовых условий и гидрогеологической обстановки в совокупности с высокой сейсмичностью способствовали при строительстве различных участков разработки и накоплению определенных строительных решений для конкретных видов сооружений, некоторые из которых описаны ниже.

22.1. Этапы хозяйственного освоения Туранской плиты

До революции господствующей отраслью в экономике было орошаемое земледелие, поставлявшее сельскохозяйственное сырье в промышленные районы России. Средства для технического улучшения существующих и строительства новых оросительных систем не выделялось — за все время в регионе была построена одна новая оросительная система (в северной части Голодной степи). Насчитывались единицы гидротехнических сооружений инженерного типа, не было водохранилищ, водозаборы отличались примитивностью.

В годы Советской власти выделяются четыре этапа хозяйственного освоения Туранской плиты.

Первый этап (1917—1924 гг.). Восстановление разрушенного гражданской войной и без того крайне отсталого народного хозяйства.

Второй этап (1924—1940 гг.). Осуществление социалистической реконструкции народного хозяйства. Основой социалистических преобразований стало первоочередное развитие промышленности, главным образом отраслей, которые связаны с сельским хозяйством (хлопкоочистительная, маслобойная, сельскохозяйственное машиностроение, шелковая, текстильная, консервная и др.). Социалистическая реконструкция сельского хозяйства включала земельно-водную реформу и коллективизацию хозяйств. В основу развития сельского хозяйства в оазисах закладывались техническая реконструкция старых ирригационных систем, расширение

Рис. 22.1. Схема размещения народнохозяйственных объектов в пределах Туранской плиты:

1—9 — обрабатывающая промышленность (1 — машиностроительная, 2 — химическая, 3 — нефтеперерабатывающая, 4 — стройматериалов, 5 — цветная металлургия, 6 — легкая, 7 — текстильная, 8 — пищевая, 9 — рыбоконсервная); 10—16 — добыча полезных ископаемых (10 — нефть, 11 — поваренной соли, 12 — природного газа, 13 — фосфоритов, 14 — глауберовой соли, 15 — алюминиевых руд); 16 — районы хлопководства; 17 — районы мясо-сального скотоводства; 18 — нефтепроводы; 19 — газопроводы; 20 — водоводы; 21 — Каракумский канал; 22 — граница Туранской плиты

орошаемых площадей, занятых под хлопчатник, повышение его урожайности, в пустынной зоне — преобладающее разведение каракульских овец.

Третий этап (1941—1945 гг.). Резкое развитие за счет ввода в действие эвакуированных предприятий получила тяжелая промышленность. В сельском хозяйстве сократились посевные площади и поголовье скота.

Четвертый этап (послевоенное время). После окончания войны и восстановления довоенного уровня развития экономики примерно с середины 1950-х гг. заметный рост получило промышленное производство. Открытие и освоение месторождений газа в Кызылкумах и Каракумах обеспечило потребность в топливно-энергетических ресурсах как в самом регионе, так и за его пределами, что привело к строительству многочисленных газопроводов значительной протяженности, крупнейшими из них являются Бухара — Урал и Средняя Азия — Центр. Построены крупные газотурбинные электростанции. Одним из важнейших нефтедобывающих районов страны стала южная часть п-ова Мангышлак, откуда протянуты нефтепроводы в Шевченко и Гурьев. Открытие и освоение месторождений полезных ископаемых в Кызылкумах способствовало развитию городов Учкудук, Зарафшан, Мурунтау, Навои и др. Дальнейшее и весьма значительное развитие получили сосредоточенная в городах тяжелая промышленность, а также различные отрасли легкой промышленности (особенно хлопкоочистительная и текстильная). Вновь осваиваемые экономически развитые районы соединены железными и автомобильными дорогами. С вводом железной дороги Чарджоу — Кунаград — Бейляу обеспечен второй выход из Средней Азии в европейскую часть СССР.

Небывалый размах в послевоенный период получили гидротехническое и ирригационное строительство, освоение целинных и залежных земель, создание коллекторно-дренажной сети в орошаемых районах. Для сезонного регулирования стока на Сырдарье построено Чардаринское русловое водохранилище (5,1 км³), а на Амударье — Тюямуюнский комплекс из руслового и берегового водохранилищ (7,8 км³). Пустыню Каракумы пересек Каракумский канал им. В. И. Ленина, подавший Амударьинскую воду на орошение дельт Мургаба, Теджена и Прикопетдагской подгорной равнины, что позволило увеличить здесь площадь орошения с 150 тыс. до 494 тыс. га. Строительство Южно-Голодностепенского капала им. А. А. Саркисова с его пятью ветками обеспечило орошение сырдарьинской водой 300 тыс. га в южной зоне Голодной степи. Подача воды из Амударьи через пески Кызылкум в низовья Зеравшана и Кашкадарьи позволила повысить водообеспеченность 200 тыс. га орошаемых земель Бухарского и Каракульского оазисов, высвободить ресурсы Зеравшана для орошения верхних площадей и обеспечить орошение 200 тыс. га целинных земель Каршинской степи. Развитие орошения в бассейне Амударьи и в Голодной степи, а также меры по повышению урожайности хлопчатника дали возможность довести сбор хлопка в регионе до

3,5 млн. т. В долине Сырдарьи ниже Чардаринского водохранилища освоены под рисоводческие хозяйства 171 тыс. га. Примерно такая же площадь орошена в Чуйской долине под сахарную свеклу, зерновые и кормовые культуры. В целом по Туранской плите площадь орошения за послевоенный период возросла более чем в 2 раза.

Большие работы выполнены по обводнению пустынных пастбищ (строительство шахтных колодцев, артезианских скважин и др.), что позволило удвоить поголовье овец против 1940 г.

22.2. Промышленно-гражданское строительство

Опыт строительства крупных промышленных и гражданских сооружений базируется на достижениях современной науки и техники и опыта древних зодчих, восстановленном по сохранившимся памятникам Хорезма, Хивы, Бухары и Ташкента.

Древние сооружения. Основу массового строительства (жилища, мечети и иная рядовая застройка) в Средней Азии в древности составляла стоечно-балочная конструктивная система в сочетании с каркасными, пахсовыми (глиняными, набивными) или кирпичными стеновыми ограждениями.

При подготовке фундаментов производилось уплотнение грунтов основания котлованов глубиной 0,5—7 м, а в районах, где распространены просадочные грунты, практиковалась многократная заливка их водой. В условиях близкого залегания УГВ в зонах орошения при подготовке оснований фундаментов в котлованах устраивались уклоны для стока воды, гидроизоляция в виде слоя песка, глиняной подушки или ганчевой смазки. В пустынных и степных районах для обеспечения высокого положения фундаментов над уровнем подземных вод создавались подушки из плотных песков без заглубления в природный грунт. В надземной части на высоте 0,2—0,5 м для предотвращения капиллярного смачивания степ устраивали гидроизоляционные прокладки из деревянных брусьев, каменных блоков или, чаще всего, нескольких слоев берданы или камышовых матов.

Для обеспечения сейсмостойкости древних жилых и культовых сооружений строились мощные, опущенные на глубину 5—6 м, фундаменты из рваного камня на земляном или ганчевом растворе. В надземной части кирпичная кладка велась не горизонтальными рядами, а «в елочку» наклоненными или встречными друг к другу рядами и на ребро (диндана), что способствовало выравниванию нагрузок при землетрясениях.

Примером крупных сооружений XIV—XIX вв., построенных на просадочных аллювиально-пролювиальных суглинках среднечетвертичного возраста, являются мечеть Джамии и медресе Зенги-Ата в Ташкенте. Суглинки в их основании имеют плотность $1,75 \text{ г/см}^3$ (коэффициент относительной просадочности $(0,008—0,105)$, $c = 0,005—0,0075 \text{ МПа}$ и $\varphi = 29—31^\circ$, характеризуются слабой и средней агрессивностью по отношению к сульфатостойким бетонам.

Грунтовые воды в обоих случаях залегают на глубине более 10 м, поэтому фундаменты этих сооружений выполнены без гидроизоляционных элементов. Характер кирпичной кладки в основании стен зависит от нагрузки на них — в несущих стенах применялась антисейсмическая кладка «в наклон», а в крайних и внутренних стенах преобладает горизонтальная.

Пithe условия строительства в засушливом Хорезме (мавзолей Шират-хан (1864 г.), дворец Шират-Хаули (1832 г.)), где УГВ находится на глубине 2—2,5 м, а воды отличаются значительной агрессивностью. Бутовые на глинистом цементе фундаменты заглублены на 4—5,5 м и устанавливались на предварительно замоченное основание. При кладке фундаментов из кирпича были созданы каменные гидроизоляционные прокладки под наиболее нагруженными частями здания.

Современное строительство. С начала 1950-х гг. жилищное, а затем и промышленное строительство существенно интенсифицировались. Развивались и внедрялись индивидуальные методы строительства с использованием крупных блоков и панелей, возрастала этажность сооружений, изменялась технология их строительства. В связи с этим повысилась их чувствительность к неравномерным осадкам, сейсмическим и другим воздействиям. В строительстве выявлялись территории с неоднородными грунтовыми толщами, менее благоприятными или ухудшающимися гидрогеологическими условиями в связи с орошением и сельскохозяйственным освоением прилегающих земель. Даже при сохранении сравнительно небольших давлений от сооружений (0,1—0,2 МПа) наряду с ленточными, столбчатыми, сплошными (в виде плит или коробов) и смешанными фундаментами мелкого заложения потребовалось создание фундаментов глубокого заложения. Одновременно в отдельных случаях возникла необходимость улучшить основание. Для песчано-глинистых грунтов в зонах орошения с близким залеганием УГВ это достигается применением песчаных и песчано-гравийных подушек. В случаях заглубления фундаментов или коммуникаций на период строительства и эксплуатации сооружения проводится водопонижение.

Огромный опыт современного промышленно-гражданского строительства накоплен в Ташкенте — самом крупном городе Средней Азии. Основные сооружения города возведены на четвертичных отложениях, представленных лёссовидными суглинками и супесями и неоднородных по составу и плотности, с включениями строительных и бытовых остатков. Им свойственны повышенная сжимаемость и просадочность. Город размещается в зоне высокой сейсмичности.

Обследование 40 аварийных зданий (1976—1987 гг.) показало, что деформациям подвергались несущие конструкции и в редких случаях фундаменты. Наибольшую долю составляют жилые дома и промышленные предприятия с «мокрым» технологическим процессом, построенные в 1960—1970-е гг. без достаточного учета опыта строительства крупных сооружений на просадочных грунтах.

Строительство сооружений на просадочных грунтах показывает, что водозащитные мероприятия не обеспечивают полной надежности их эксплуатации, поэтому при подготовке оснований необходимо прорезать всю просадочную толщу и возводить фундаменты на нижележащих непросадочных грунтах. Частично ликвидировать просадочность суглинков можно путем выемки грунтов из активной зоны. При этом для обратной засыпки фундаментов рекомендуется использовать местный грунт с послойным уплотнением и доведением плотности до $1,65 \text{ г/см}^3$.

В 1970-х гг. началось строительство уникальных (для сейсмических районов с повсеместным распространением просадочных грунтов) высотных зданий. Одно из них, гостиница «Москва», расположено в центральной части Ташкента и решено в виде комплексного высотного 20-этажного сооружения треугольной формы в плане. Выполнено оно в рамочно-связанной конструктивной системе с ядрами жесткости и тремя двухэтажными пристройками.

Элементами, обеспечивающими общую устойчивость высотной части здания и воспринимающими горизонтальные сейсмические колебания, являются четыре шахты — ядра жесткости; колонны воспринимают только вертикальные нагрузки. Фундамент под высотной частью — сплошной, железобетонный, низкий с толщиной плиты 2—3 м. Фундамент пристройки представляет собой растворы в виде перекрестных лент.

Основанием фундаментов служат суглинки с отчетливой крупнокомковатой структурой, плотные, полутвердые и твердые ($B=0,02$), частично сцементированные солями. Плотность грунтов достигает $1,73 \text{ г/см}^3$, сжимаемость характеризуется модулем общей деформации от 5 до $16,5 \text{ МПа}$, коэффициент изменчивости сжимаемости составляет 3,3 (по данным лабораторных испытаний). Полунатурное моделирование штампами показало увеличение модуля общей деформации более чем в 4 раза и снижение коэффициента изменчивости до 1,2. Глубина погружения свай зависела от глубины залегания кровли опорного слоя.

Разработана схема использования подземного пространства Ташкента до 2010 г., где планируется размещение до 70 % транспортных и инженерных сооружений и 30 % всех объектов культурно-бытового назначения. При этом будет сэкономлено 1537 га городской территории общей стоимостью 670 млн. руб. Транспортные и инженерные сооружения будут заглублены в подземное пространство на разные уровни, но не более 15 м.

В соответствии с Генеральным планом развития Ташкента (1980 г.) и Комплексной транспортной схемой развития всех видов транспорта (1981 г.) Ташкентский метрополитен будет иметь общую протяженность более 60 км [30]. Сооружение метрополитена ведется комбинированным способом: открытым и закрытым. Разработка котлованов велась в откосах и при свайном креплении. Шаг между сваями составлял 1—1,2 м с погружением их в грунт ниже подошвы лотка на 4—5 м. Опыт строительства станций открытого типа доказывает отрицательное влияние открытого водо-

отлива и эффективность применения вертикального дренажа для осушения грунтов при строительстве тоннелей ниже УГВ.

Большое значение для предотвращения деформаций имеет технология засыпки котлованов. Например, на платформенном участке станции Хамза и по всей станции Октябрьская революция обратная засыпка котлованов местным грунтом произведена после возведения конструкций. До глубины 1,3 м при влажности грунтов 12,4—17,5 % их плотность составила 1,65—1,96 г/см³, а с глубиной снизилась до 1,48 г/см³. Проникновение поверхностных вод в насыпной грунт вызвало его дополнительное уплотнение и проседание поверхности земли. Дорожное покрытие было разорвано трещинами длиной 10—25 м, шириной 0,2 м и глубиной 0,3—0,5 м. На поверхности образовались просадочные воронки и понижения диаметром 0,5—2 м. Для исключения возможности развития просадочных деформаций было рекомендовано засыпку пазух котлованов производить гравийно-песчаной смесью с предварительной замочкой. Дальнейшую засыпку следует выполнять местным грунтом с послойной укаткой до плотности 1,60—1,80 г/см³.

Паряду с просадкой строители метрополитена при закрытом способе проходки тоннелей столкнулись и с тексотропным разупрочнением водонасыщенных грунтов. При проходке тоннеля в лёссовых грунтах между станциями Чиланзар и Сабира Рахимова в зоне капиллярного смачивания от динамического воздействия проходческого щита произошла осадка агрегата на 490 мм. Уровень грунтовых вод в период проходки был ниже подошвы щита всего на 0,5—0,8 м, в то время как высота эффективного капиллярного поднятия составляет 1—1,5 м. По данным И. Г. Нахимовича, прочностные свойства грунтов в основании щита исключали его просадку, поэтому осложнения при проходке тоннеля обусловлены только избыточным увлажнением грунтов в этой зоне.

При механизированной проходке под руслом канала Анхор наблюдались вывалы из лба и кровли забоя: сначала обрушился рыхлый песок, а затем — влажный лёссовидный грунт. Щитовая проходка вызвала в зоне шириной около 10 м деформацию дневной поверхности, которая проявилась в виде системы разрывных трещин. Работа была возобновлена после отвода канала Анхор из зоны проходки, раскрытия свода на участке длиной около 20 м и засыпки котлована грунтом с послойным тромбованием. Выдавливание лёссовидного грунта, пылевидного песка и осадка лотка тоннеля снизили среднюю месячную скорость проходки перегонов щитом до 60 м вместо 200 м по проекту, а по параллельному забою с применением блокоукладчика — до 112 м.

Вопрос обеспечения сейсмостойкости и непросадочности конструкций метрополитена занимал важное место при проектировании всех подземных и наземных его объектов. В отличие от конструктивных решений, использованных при создании существующих метрополитенов, для исключения возможности просадки сооружений применялся монолитный лоток, равномерно распределяющий

нагрузку на грунт, служащий диском-опорой для вертикальных конструкций.

Из сложившейся практики известно, что расход металла и цемента на возведение сооружений в районах развития лёссовых пород с сейсмичностью 9 баллов возрастает в 1,5—1,6 раза, затраты труда и продолжительность строительства — в 1,1—1,3 раза, а сметная стоимость строительства — на 10—14 %. Просадочность грунтов вызывает удорожание сметной стоимости еще на 3—5 %. Таким образом, в специфических природно-геологических условиях Средней Азии стоимость строительства, по данным А. В. Ганиева и Г. И. Оганесова, может увеличиться на 13—19 %.

Изучение опыта промышленно-гражданского строительства в Ташкенте показывает, что в условиях повсеместного распространения слабых сильносжимаемых лёссовых пород успешное строительство и эксплуатация сооружений может вестись только при коренном улучшении свойств просадочных грунтов и регулировании процесса их увлажнения. Специфические свойства грунтов влияют на выбор технологии строительства и, в конечном счете, приводят к значительному удорожанию и удлинению сроков строительства.

В качестве примера современного строительства на аллювиальных суглинках в равнинных условиях можно привести строительство Дома культуры в южной части Бухары. В основании сооружения залегает суглинок с плотностью скелета до $1,50 \text{ г/см}^3$ и естественной влажностью 15,2—22 %. В период изысканий УГВ был вскрыт на глубине 2,6—3,1 м. Грунты и грунтовые воды слабо агрессивны к бетону нормальной плотности на портландцементках. Показатель коррозионной активности грунта, по результатам определения удельного электрического сопротивления, — повышенный, глубина сезонного промерзания составляет 0,18 м. Дом культуры представляет собой трехэтажное сооружение второго класса с глубиной заложения фундамента 3,5 м. Фундаменты — столбчатые, сборные. Выбор столбчатых фундаментов обусловлен незначительными нагрузками на грунт основания, который обладает высокими прочностными и деформационными характеристиками. По обрезу фундаментов уложены балки, на которые опираются наземные конструкции. Фундаменты выполнены из сборных элементов в виде столбов, возводимых из кирпича, бута, цементогрунта и бетона.

Обобщая и анализируя опыт современного промышленно-гражданского строительства в условиях Туранской плиты, можно выделить следующие характерные особенности.

1. Изменились масштабы и интенсивность строительства, возросли высотность и площадь сооружений, что привело к увеличению нагрузки на основание. Коренное изменение претерпели конструкции, что вызвано развитием техники и созданием нового поколения строительных материалов.

2. Широко применяются принципиально новые конструктивные типы фундаментов: ленточные блоки, монолитные, коробки, свайные рядовые, цокольные, столбчатые, смешанные. Параллельно с уве-

личением нагрузки сооружений возросла глубина заложения фундаментов, а применение прогрессивных технологий позволяет эффективно, минуя толщи слабых грунтов, осаждают их на грунты с высокой несущей способностью.

3. Подготовка оснований фундаментов претерпела изменение в меньшей степени, что в основном связано с появлением новых строительных механизмов. Сохранилась и общая технологическая цепочка: создание котлована; снижение просадочности лёссовых пород в результате замочки, а на современном этапе путем чередующихся замочек и послойного уплотнения пород механизмами; гидроизоляция котлована битумом или асфальтобетоном; возведение фундамента.

4. По-прежнему актуальны и вопросы обеспечения сейсмостойкости сооружений. В настоящее время основная тяжесть их решения перенесена на совершенствование конструкции сооружения. Здесь и жесткое сплошное основание, металлический упругий каркас, специальные колонны, воспринимающие динамические нагрузки, напряженные сейсмоопояса и блоки сопряжения конструкций. Аналогичный подход применяется и при строительстве сооружений в подземном пространстве.

5. Совершенствуются способы обеспечения надежной эксплуатации сооружений. Наряду с проблемой сейсмической защиты в условиях широкого распространения просадочных лёссовых пород важными остаются проблемы гидроизоляции сооружений. Они решаются путем планирования территории вокруг сооружений для отвода поверхностных вод и подъема основания фундаментов выше уровня грунтового увлажнения, покрытия конструкций гидроизоляционными материалами и проведением таких мероприятий, как создание горизонтального и вертикального дренажа.

22.3. Мелиоративное строительство

Практически все сельскохозяйственное производство в регионе базируется на орошении: на сегодняшний день площадь орошаемых земель превышает 2,8 млн. га. Мелиоративное строительство в дореволюционное время и до конца 1940-х гг. обеспечивало главным образом оросительную мелиорацию, что при весьма слабом оттоке вод, характерном для равнин Туранской плиты, привело к формированию на орошаемых площадях весьма устойчивых неблагоприятных гидрогеолого-мелиоративных условий. Заключаются они в высоком залегании уровня минерализованных грунтовых вод, инфильтрационное питание которых балансируется в основном процессами испарения, вызывая необходимость постоянной борьбы с засолением почв. Накапливающиеся легкорастворимые соли ежегодно осенью или зимой вымываются до грунтовых вод специальными промывочными поливами (путем затопления делянок).

Промывки эффективны лишь при наличии заметного оттока грунтовых вод из-под промываемого поля, что в инженерных систе-

мах обеспечивается искусственной дренажной сетью, а в данном случае (при ее отсутствии) — системой переложного земледелия с чрезвычайно низким коэффициентом земельного использования (0,15—0,50), где роль «сухого» дренажа выполняли пустующие земли (перелог).

К крупномасштабному орошаемому земледелию в регионе приступили в 1950-е гг. Были начаты работы по реконструкции существующих оросительных систем и развитию коллекторно-дренажной сети, а также крупное ирригационное строительство для повышения водообеспеченности старых оазисов и освоения целинных земель. С этой целью были построены крупнейшие магистральные каналы: в Киргизии — Западный Большой Чуйский (1958 г.), в Казахстане — Арысь-Туркестанский (1961 г.), в Узбекистане — Южно-Голостопеский им. А. А. Саркисова (1961 г.). Для переброски вод из среднего течения Амударьи через песчаные пустыни к удаленным массивам плодородных земель, расположенным в бассейнах маловодных рек Кашкадарья, Зеравшан, Мургаб, Тенджин и др., построены (в земляных руслах) крупнейшие каналы: в Узбекистане — Аму-Каракульский (1962 г.), Аму-Бухарский (1965 г.), Каршинский (1972 г.), в Туркмении — Каракумский им. В. И. Ленина (1962—1975 гг.). Все это позволило увеличить площадь орошения на 1,2 млн. га и улучшить водообеспеченность сотен тысяч гектаров. Масштабы развития оросительных систем можно проследить на примере Туркмении (табл. 22.1 и 22.2).

Повышение водообеспеченности и коэффициента земельного использования старых оросительных систем при их реконструкции в условиях отсутствия дренажа резко ухудшило мелиоративное состояние земель — усилились подтопление и засоление, часть земель стала выпадать из сельскохозяйственного оборота. Неотложной задачей стало строительство дренажа.

В этом отношении характерен опыт мелиоративного строительства в зоне старого орошения Голостопеской степи. Здесь в 1954 г. была увеличена пропускная способность канала им. Кирова и соответственно возросла подкомандная ему площадь орошения сначала с 90 до 205, а затем до 270 тыс. га.

Одновременно осуществлялось строительство системы открытого горизонтального дренажа с проектной удельной протяженностью 20 м/га при глубине 3—4 м с расчетом создания лугово-сероземного режима почв. Однако достичь указанного мелиоративного эффекта не удалось. В условиях высокого положения УГВ и плавучести легких суглинков и супесей оказалось невозможным сохранить проектную глубину выкопанных дрен и достичь проектных глубин (7 м) водоотводящих коллекторов.

В дальнейшем на основе специальных опытно-производственных исследований в дополнение к горизонтальному дренажу на этой площади была запроектирована и построена система вертикального дренажа из 780 скважин глубиной 50—70 м (одна скважина на 250—500 га). В ходе эксплуатации вертикального дренажа отмечено рассоление земель. В данном случае вертикальный дренаж

Таблица 221

Протяженность оросительных систем Туркменской ССР за 1960—1985 гг.
(по данным Управления эксплуатации Минводхоза Туркменской ССР), км

Годы	Оросительная сеть			Каналы с искусственной одеждой				Трубопроводы на оросительных системах	
	каналы межхозяйственные	каналы внутрихозяйственные	каналы внутрихозяйственные	Межхозяйственная сеть		Внутрихозяйственная сеть		внутрихозяйственные	внутрихозяйственные
				с бетонной одеждой	железобетонные лотки	с бетонной одеждой	железобетонные лотки		
1960	3231,3	14 363,5	125,8	—	—	120,2	—	—	—
1965	3496,0	14 137,2	180,3	—	—	191,7	—	—	—
1970	3512,9	17 126,7	180,3	—	—	289,7	51,7	19,0	25,0
1975	4156,3	18 645,8	254,8	—	—	477,4	175,5	61,8	365,1
1980	4550,8	21 583,7	258,2	—	—	697,2	432,7	61,8	808,3
1985	5632,0	24 400,7	337,6	—	—	883,3	917,7	63,7	1250,2

Таблица 222

Показатели развития коллекторно-дренажной сети по Туркменской ССР за 1960—1985 гг. (по данным Минводхоза Туркменской ССР)

Годы	Протяженность коллекторно-дренажной сети, км						Число скважин вертикального дренажа	Орошаемая площадь, тыс. га	Удельная протяженность, м га	Водоотдача в точках орошения, млн. м³	Урожай хлопчатника, ц/га
	Всего	межрас-публикан-ским и межрайон-ным	межхозяй-ственных	внутрихозяйственная		закрытая					
				Всего	открытая						
1960	1 121,5	284,8	350,0	486,7	—	486,7	—	431,0	2,6	6316	16,3
1965	4 679,7	929,4	1654,6	2195,7	3,45	2192,2	—	521,8	9,0	8271	21,4
1970	10 024,7	1090,5	2909,5	6025,2	109,4	5915,8	—	668,0	15,0	10 096	21,9
1975	15 532,0	1331,5	4162,6	10 037,9	1027,8	9 010,1	231	857,0	18,1	14 457	22,3
1980	20 237,5	1480,3	4877,8	13 879,0	3067,2	10 811,8	300	941,6	21,5	16 576	24,8
1985	25 510,3	1554,0	5527,1	18 429,1	5743,7	12 685,2	311	1098,0	23,8	22 812	23,0

создавался на площадях, где в геолого-гидрогеологическом разрезе дренируемой толщи под покровным комплексом мелкоземов, содержащих грунтовые воды, на глубине до 30 м имелся водоносный комплекс с высокой (более 100 м²/сут) водопроводимостью, что считалось необходимым для получения дренажного эффекта. По тем же условиям для внедрения вертикального дренажа выбран участок в Бухарском оазисе (на площади 45 га заложено около 250 скважин), в Чарджоуском оазисе, Чу-Сарысуйской впадине и других районах. В дальнейшем положительные результаты применения вертикального дренажа для мелиорации были получены и там, где в разрезе присутствовали только суглинки, глины и супеси. В частности, в таких геологических условиях на периферии подгорной равнины Копетдага в совхозе «Кардамак» удалось решить проблему мелиорации земель, заложив 14 скважин с мощными гравийными фильтрами и дебитами 14—45 л/с.

В связи с тем, что неблагоприятные инженерно-геологические условия для строительства открытого горизонтального дренажа глубиной более 3 м существовали в большинстве староорошаемых районов, на их территории шло массовое строительство мелкой коллекторно-дренажной сети (глубина заложения коллекторов до 2,5 м, внутрихозяйственной сети 1,5—1,8 м). В результате непрерывного строительства в течение двух-трех десятилетий в каждом из оазисов созданы многие тысячи километров коллекторно-дренажной сети с удельной протяженностью 15—30 м/га. Вместе с тем, несмотря на огромные объемы выполненных работ, мелиорация большей части староорошаемых земель остается незавершенной, так как положение УГВ и интенсивность процессов засоления почв остаются высокими.

Наиболее крупные площади вновь осваиваемых земель расположены в Голодной (300 тыс. га) и Каршинской (20 тыс. га) степях и в зоне Каракумского канала (240 тыс. га). Здесь сразу же строились технически совершенные инженерные оросительные системы, рассчитанные на сокращение фильтрационных потерь: открытые каналы с облицовкой монолитным или сборным железобетоном, бетоном на пленке или без нее, внутрихозяйственная сеть в лотках и трубопроводах. Несмотря на все это орошение сопровождалось подъемом УГВ до критических глубин со скоростью 1—3, реже 4 м в год (в зависимости от местных условий). Для предотвращения подъема УГВ заблаговременно в сухих грунтах строились систематический закрытый трубчатый горизонтальный дренаж с песчано-гравийными фильтрами, а на локальных площадях — вертикальный.

Орошение и другие мелиоративные мероприятия существенно изменили геологическую среду. В корне изменился водный режим (подъем УГВ сократил мощность зоны аэрации с 20 до 2 м), и возросла амплитуда колебания минерализации грунтовых вод, солевого состава и влажности грунта. Мощность водонасыщенной зоны постепенно уменьшается и за пределами орошаемой территории. Минерализация воды, насыщающей бывшую зону аэрации, стано-

вятся ниже, чем в зоне природных грунтовых вод. В содержании солей в зоне неполного насыщения прослеживаются резко выраженная сезонная динамика и устанавливающиеся в течение ряда лет тенденции расслоения или нарастающего засоления (в зависимости от эффективности мелиоративных мероприятий). Изменяются и некоторые показатели инженерно-геологических свойств и состава грунтов. Ниже приводятся конкретные данные, полученные по основным районам нового орошения.

По данным О. Я. Калугиной, изучавшей распределение глубин залегания и минерализации грунтовых вод в зоне Каракумского канала¹ до начала интенсивной мелиорации и через 25 лет, можно отметить, что в Прикопетдагском районе и на дельтах Теджена и Мургаба площади с глубиной залегания вод в интервалах 0—3 и 3—5 м увеличились за счет сокращения территории с глубиной залегания 5—50 м и более. Минерализация грунтовых вод верхней части горизонта изменилась следующим образом. В Прикопетдагском районе возросли площади распространения вод с минерализацией до 1 г/л в основном за счет сокращения площадей развития грунтовых вод с минерализацией 1—3 и 5—10 г/л; в дельте Теджена увеличились площади с минерализацией вод 1—3, 3—5, 5—10 и 10—35 г/л и сократились — с 35—70 г/л; в дельте Мургаба возросли площади распространения вод с минерализацией до 1, 1—3, 3—5 и 5—10 г/л и соответственно уменьшились с 35—70 г/л.

По данным Э. В. Мавлянова и Г. Р. Рашидова, под воздействием орошения произошли просадки лёссовых пород и изменения в составе, состоянии и свойствах лёссовидных пород. Максимальная величина просадки в зоне влияния межхозяйственного канала «Левая ветка» после шести лет эксплуатации достигла 0,425 м, минимальная — 0,175 м.

Статистическая обработка результатов определения инженерно-геологических показателей грунтов Каршинской степи за 20 лет показала увеличение содержания глинистой фракции в пролювиальных суглинках от 12,7 до 16 %, в аллювиальных суглинках — от 10,6 до 14,2 %, плотности скелета грунта — соответственно от 1,41 до 1,47 и от 1,52 до 1,62 т/м³ [15].

Особую остроту и актуальность в рассматриваемом регионе приобрела проблема подтопления грунтовыми водами территории городов и промышленных объектов. Большинство городов региона расположено на аккумулятивных равнинах в окружении орошаемых площадей или рядом с ними. Благодаря гидростатическому выравниванию давления в водоносном комплексе четвертичных отложений УГВ на территории городов устанавливается в соответствии с уровнем на прилегающих орошаемых площадях, т. е. на глубине менее 3 м. Наряду с региональным фоном подтопления действуют и местные источники, вызывающие дополнительный подъем грунтовых вод, причем основную долю (до 50 %) составляют фильтра-

¹ Площадь исследований составляет 39—40 тыс. км² и охватывает орошаемые и прилегающие к ним неорошаемые земли.

ционные потери из ирригационных каналов. Особенно мощным фактором, усиливающим процессы подтопления, являются крупные магистральные каналы, проходящие почти через все города Каракалпакской АССР и Хорезмской области УзССР. Совокупное воздействие указанных факторов приводит к тому, что УГВ во всех городах области аккумулятивных равнин (Мары, Теджен, Чарджоу, Ташауз, Ургенч, Нукус, Бухара, Карши, Гулистан, Туркестан, Кызыл-Орда и др.) устанавливается на глубине 1—2 м, а иногда и менее 1 м.

С подтоплением городских территорий долгое время мирились, поддерживая УГВ открытым горизонтальным дренажом на глубине 1—2 м. В 1960—1970 гг. с ростом многоэтажной застройки с подвальными помещениями возникла необходимость осушить территории городов на глубину 3—3,5 м. Создание горизонтального дренажа, обеспечивающего такую норму осушения на уже застроенных и подтопленных территориях, оказалось слишком сложной задачей, поэтому основным типом инженерной защиты от подтопления стал вертикальный дренаж.

Для его проектирования в подтопленных городах проводились специальные гидрогеологические исследования, включавшие наряду с разведочными работами ориентировочную оценку дренажного модуля, необходимого для достижения нормы осушения, строительство и опытные испытания отдельных фрагментов дренажной системы — створов вдоль каналов для линейных (заградительных) рядов и элементарных ячеек в виде «конверта» для систематического дренажа (табл. 22.3).

Обобщенный показатель технико-экономической эффективности вертикального дренажа в виде площадки, дренируемой одной скважиной системы, не превышает 50 га и во многих случаях (особенно в низовьях Амударьи) составляет всего 11—17 га. Это объясняется сочетанием низкой водопроницаемости дренируемых пластов (четвертичные мелкозернистые аллювиальные пески, неогеновые и верхнемеловые песчаники) с весьма высокой интенсивностью местного (внутригородского) питания грунтовых вод. В некоторых случаях (г. Гулистан) сказывается большая мощность (30 м) слабопроницаемого ($k_f = 0,03$ м/сут) покровного слоя суглинков. Для эффективной работы вертикального дренажа большое значение имеют технология формирования гравийного фильтра и максимальная разглинная скважины. Значительная часть скважин вышла из строя, и к настоящему времени в эксплуатации их находится намного меньше, чем запроектировано. К тому же эксплуатируются они с большим нарушением проектного режима. Все это привело к тому, что ни в одном из городов создание вертикального дренажа не дало удовлетворительных результатов по ликвидации подтопления, а УГВ все еще остается на глубине 1—2 м.

Новые города, возводимые на равнинной территории Туранской плыи вне орошаемой зоны, подвержены «самоподтоплению» вследствие значительных потерь воды, подаваемой для жизнеобеспечения города, при аварийных утечках из коммунальных систем и поливах

Расчетные данные для строительства вертикального дренажа в городах Туран

Город	Основные факторы подтопления	Расположение дренажа в плане	Фильтрационная схема (состав водопроницающих пород)
Цукес-центр	I, II, III	1 (три ряда)	Двухпластовая (песчанники)
периферия	I, II, III	1 (два ряда)	То же
Чимбай	I, II, III	1	Однопластовая (аллювиальные пески)
	I, III	2	Двухслойный пласт (аллювиальные пески, песчанники)
Хива	I, II, III	1	Однопластовая (аллювиальные пески)
Турткуль	I, II, III	1,2	То же
Бухара	I, III	2	Двухслойный пласт (гравийно-галечные отложения, песчанники)
Каспи	I, II, III	1,2	Двухпластовая (пески)
Гудистан	I, II, III	1,2	Однопластовая (аллювиальные пески)

1 — региональное подтопление; II — водонапорная система крупных ирригационных тн. 1 — линейный план; 2 — площадной (систематический) план.

зеленых насаждений. Примерами могут служить города Газли, Зарафшан и Учкудук.

В заключение необходимо отметить, что развитие водохозяйственных и мелноративных работ в бассейне Аральского моря, сопровождавшихся расширением орошаемых площадей, недостаточно эффективным, а часто и бесхозяйственным использованием воды в регионе, привело к резкому нарушению экологического равновесия в Приаралье — сокращению стока Амударьи и Сырдарьи в Аральское море, обмелению моря и превращению в пустыню обмелеющего морского дна, нарастающему дефициту и ухудшению качества оросительной и питьевой воды в регионе, интенсивному иссушению и засолению земель в дельтах Амударьи и Сырдарьи.

На основе изучения сложившейся ситуации ЦК КПСС и Совет Министров СССР приняли постановление «О мерах по коренному улучшению экологической и санитарной обстановки в районе Аральского моря, повышению эффективности использования и усилению охраны водных и земельных ресурсов в его бассейне». Постановление направлено на кардинальное решение возникших проблем. На ближайшие 10—15 лет намечено проведение мелноратив-

ской плиты, полученные в результате гидрогеологических исследований

Таблица 22.3

Водо-проводимость, м ³ /сут	Результаты опытных работ						Число скважин, находящихся в эксплуатации
	Расчетный дренажный модуль	Глубина скважин, м	Дебит скважин, л/с	Площадь осушения на одну скважину, га	Расчетное число скважин	Осушаемая площадь, га	
63	67	35	10	12,7	22	280	46
100	43	45	17	35	35	1500	46
215	41	35	10	16	21	330	12
25—100	30	35	5	11	34	388	
180	56	40	11	17	33	575	16
500—800	41	50	12,5—17,5	31	26	800	10
265	38	50	23	53	72	3835	37
260—320	59	30	21—46	52	28	1457	7
450	—	40—60	50—80	13	75	1000	12

каналов; III — городская оросительная, водопроводная, коммунальная и промышленная се-

ных, ирригационных и землеустроительных мероприятий, объемы которых примерно равны тому, что сделано в регионе с 1917 г. Определены меры по восполнению запасов Аральского моря за счет максимального сбора и очистки отвода в море отработанной оросительной воды, внедрения строгого режима экономии воды в орошаемом земледелии, повышения к. п. д. оросительных систем.

22.4. Плотины и водохранилища

В условиях крайней ограниченности водных ресурсов территории Туранской плиты и неравномерности стока проблема его регулирования становится первостепенной. Она решается путем строительства плотин и создания водохранилищ. Одна из самых старых, ныне существующих плотин — Султан-Бент на Мургабе, построенная в XII в. В дореволюционное время на Мургабе были построены ряд Гиндукушских и Иодотанская плотины. В дальнейшем строится серия сооружений по регулированию стока Мургаба и вододелению: Каушут-Бентский водный узел пропускной способностью 250 м³/с; Кызыклы-Бентская железобетонная подпорная плотина со сбросом

суммарной пропускной способностью 400 м³/с; Эгри-Гузарская бетоно-кирпичная подпорная плотина пропускной способностью 50 м³/с; Джарский впускной сброс пропускной способностью 175 м³/с. К 1957 г. сезонное регулирование стока Мургаба осуществлялось пятью водохранилищами (200 млн. м³); Ташкентским (73,6 млн. м³), Колхозбентским (60 млн. м³), Полотанским (31 млн. м³), Средне-Гиндукушским (15,8 млн. м³), Нижне-Гиндукушским (19,6 млн. м³).

В последние годы водохранилища были построены на всех крупных реках. Так, сток Амударьи зарегулирован в целях мелиорации путем строительства Туямунского комплекса, состоящего из руслового водохранилища (2070 млн. м³) и береговых емкостей (5730 млн. м³).

В связи с перераспределением стока Амударьи по Каракумскому каналу им. В. И. Ленина вдоль последнего построен ряд водохранилищ, позволяющих аккумулировать зимний сток и рационально использовать его в весенне-летний период без увеличения водозабора из головной части канала. Для внутрисистемного регулирования стока созданы водохранилища Хаузахское (850 млн. м³), Западное в районе Ашхабада (48 млн. м³) и Копетдагское в районе пос. Геок-Тепе (550 млн. м³). Для более полного регулирования жидкого и твердого (наносов) стоков по Каракумскому каналу строится Зендское водохранилище (первая очередь). Полезный объем его составит 2000 млн. м³.

На территории Туранской плиты в настоящее время действуют 12 крупных водохранилищ (табл. 22.4). По морфологии котловины и условиям наполнения водохранилищ выделяют долинно-русловые (Чардаринское, Туямуонское, Чимкуртанское); котловино-наливные (Куймазарское, Талимарджанское, Тудакульское, Хаузахское, и долинно-наливные (Сары-Язы, Колхозбентское, Полотанское, Тедженское).

Плотины всех водохранилищ относятся к низконапорным с высотой 25—35 м и углом заложения 1:2—1:4 и подразделяются на намывные, намывные и полунамывные. Характерной особенностью всех плотин, построенных с конца 1950-х гг. является то, что они построены из местных материалов с суглинистым ядром. В 1960-е гг. при возведении плотин начинает широко применяться гидромеханизация. При этом используются не только песчаные, но и супесчано-суглинистые грунты. Так, плотина нового водохранилища Сары-Язы намыта преимущественно из песков, а плотина Копетдагского водохранилища — из супесчано-суглинистых грунтов. Намывные обычно имеют широкий распластаный профиль с пологим (1:20—1:30) волноустойчивым верхним откосом.

Применение одностороннего рассредоточенного намыва позволяет фракционировать намываемый грунт и создать со стороны верхнего бьефа глинистый противофильтрационный экран. Подобное возведение плотин позволяет решить и еще одну задачу — ликвидировать просадочность лёссовидных оснований. Впервые такая технология была использована при создании плотины первой оче-

Водохранилище	Период эксплуата- ции, лет	Отметка нормаль- ного позiorного уровня, м	Площадь водо- сбора, км²	Объем, млн. м³		Площадь зеркала, км²	Длина, км	Ширина, км		Глубина, м	
				полный	полезный			средняя	минималь- ная	средняя	макси- мальная
Чимкурганское	16	488,2	5 100	440,4	418,6	45,1	17,5	2,6	6,8	9,8	28,8
Куймазарское	15	237,5	—	305,8	245,6	16,3	5,3	3,1	5,0	18,8	33,0
Тудаккульское	17	222,0	—	875,0	855,0	225,0	18,5	12,2	14,8	3,9	12,0
Чардаринское	10	252,0	174 000	5197,0	4226,0	783,0	80,0	9,8	25,0	6,6	22,0
Туямутоиское	8	111,0	—	7800,0	5300,0	790,0	—	—	—	—	—
Талимарджен- ское	9	400,0	—	1525,0	1388,0	77,4	14,0	5,5	7,0	20,0	40,0
Ташкентское	19	321,3	—	73,6	69,8	30,5	25,0	1,2	3,0	2,4	18,8
Сары-Язы	21	313,5	18 076	263,0	256,0	44,8	20,0	2,2	4,0	5,9	21,5
Колхозбейт- ское	19	297,0	18 076	60,0	30,0	20,4	8,5	2,4	2,5	2,9	7,4
Нолотанское	23	286,2	—	31,0	24,0	10,6	14,5	0,7	2,4	2,9	8,6
Тедженское II	19	221,2	18 065	184,0	141,0	42,0	13,3	3,2	—	4,4	16,0
Хауэханское	20	210,2	—	850,0	825,0	175,0	11,0	15,9	—	4,8	9,4

реди Копетдагского водохранилища на Прикопетдагской подгорной равнине.

Земляные широкопрофильные плотины имеют еще одно преимуще-ство: в условиях высокой сейсмической активности районов, ко-гда всякие сейсмоподвижки могут привести к нарушению целостно-сти тела плотины, широкий профиль и свойства ее материала спо-собствуют быстрому «самозалечиванию» трещин.

Создание водохранилищ приводит к глубокому изменению ин-женерно-геологических и гидрогеологических условий. С вводом их в эксплуатацию отмечаются подтопление, просадочные процессы и размыв берегов.

Режим работы водохранилищ — один из основных вопросов экс-плуатации, определяющий устойчивость и сохранность сооружений, а также возможность эффективного использования речного стока. Недоучет последствий переработки берегов приводит к преждевре-менному заилению ложа водохранилища.

Особенности строительства и эксплуатации равнинных водохра-нилищ Туранской плиты можно рассмотреть на характерных при-мерах крупных действующих водохранилищ — Чардаринском, Чим-курганском, Дауткульском, Талимарджанском и Ташкентском.

Чардаринское водохранилище на Сырдарье постро-ено в 1967 г., имеет объем 5,1 км³, протяженность 80 км, ширину 10 км, площадь зеркала 783 км², максимальную глубину 2,2 м и относится к равнинно-долинному типу. Плотина высотой 26,5 м и объем 9,2 млн. м³ намыта из песка. Заложение откосов 1:4.

Правой стороной плотина примыкает к бетонным сооружениям станионного узла, левой — к барханным пескам Кызылкума и спрягается с наливной дамбой длиной 480 м.

Наполнение водохранилища происходит с сентября до июня с резким подъемом уровня в период паводка на Сырдарье. Высокий горизонт воды удерживается полтора-два месяца, а затем в период орошения срабатывается. Величина ежегодной сработки колеблется от 6 до 8 м, а в маловодные годы достигает 12 м.

Берега Чардаринского водохранилища сложены лёссовидными и глинистыми породами, золовыми песками и каменным лёссом.

Большая часть берегов водохранилища сложена просадочными лёссовидными суглинками, в которых в период наполнения формируются просадочные трещины, блюдца, висячие мосты и суффозионные воронки.

По данным А. Рашидова, просадочные трещины появились уже вначале наполнения водохранилища и продолжают развиваться в настоящее время. Он установил, что процесс развития трещин в глубь берега зависит от уровня наполнения водохранилища. Так, в 1982 г. в период наполнения трещины последовательно развивались на расстоянии 8; 12 и 16 м от уреза воды, а величина просадки составляла 0,22; 0,29 и 0,27 м соответственно. 1983 г. характеризовался самым длинным периодом (63 дня) стояния высокого уровня воды (25,2 м), которое сопровождалось активным развитием процесса просадки, о чем свидетельствует трещина длиной 89 м и шириной 30—70 м, образовавшаяся на расстоянии 28 м от берега. Просадка сопровождается переработкой берегов (с учетом абразии) в виде обвалов и обрушения объемом 50—800 м³. В береговых уступах развиваются овраги глубиной 5—6 м и длиной 200—500 м. Переработка берегов, сложенных лёссовидными породами, началась в первый год эксплуатации водохранилища, когда берега отступили на 5,5—18,5 м. В последующие годы интенсивность переработки оставалась высокой, особенно в годы длительного стояния (1,5—2 мес) высокого уровня. Так, к 1969 г. берег отступил на расстояние до 49 м, к 1972 г. — до 71 м, а к 1983 г. — до 89 м.

Если в первые годы глинистые берега отступили на глубину 40—63 м при объеме переработки 120—160 м³ на 1 м, то берега, сложенные золовыми песками, только за первый год отступили на 20—30 м, причем объем их переработки составил 20—90 м³ на 1 м. В 1980-е гг. скорость отступления глинистых берегов снизилась и составила 2—3 м в год. В то же время скорость переработки песчаных берегов сохранялась в среднем в пределах 10—15 м в год, и за весь период берега отступили на 80—120 м.

Наиболее устойчивы береговые склоны, сложенные каменным лёссом. С 1967 по 1987 г. они отступили всего на 2—4 м. Установлено, что для таких берегов характерно выветривание в результате периодического увлажнения пород при наполнении и сработке водохранилища.

Таким образом, 20-летний опыт эксплуатации водохранилища показал, что наиболее интенсивно перерабатываются берега, сложенные песчаными и лёссовидными породами, причем скорость их отступления со временем не снизилась. Очень слабо размывается каменный лёсс, а глинистые берега по скорости переработки занимают промежуточное положение.

Чимкурганское водохранилище построено в 1964 г., имеет объем 440 млн. м³, протяженность 17,5 км, ширину 9,8 км, площадь зеркала 45,1 км². Максимальную глубину 28 м и относится к долинно-русловому типу. Земляная плотина водохранилища сооружена в средней части Кашкадарьи на просадочных грунтах. Она имеет длину 7,5 км, высоту 33 м и ширину 6 м. Заложение откосов 1:2,5 и 1:3. При строительстве насыпной плотины использованы супеси, суглинки, глины и разнозернистый гравий. Ядро плотины состоит из суглинка. Центральная часть ядра создана способом послойной укатки грунта, а бортовые — отсыпкой суглинистого грунта. Для устранения просадочных явлений в основании бортовых участков проведена четырехмесячная замочка грунтов на глубину до 4 м. Низовая гравелисто-песчаная призма выполняет роль дренажа. Верховой откос плотины облицован бетонными и железобетонными плитами толщиной 18—30 см. Ложе и борта водохранилища сложены лёссовидными суглинками, песками и галечниками.

Как показал опыт эксплуатации водохранилища, оно сильно влияет на прилегающие территории, вызывая их подтопление. Площадь подтопления из года в год увеличивается. Активно переформируются берега, на правом берегу отмечаются обрушения, сплывы и овраги. В период сработки возникают мелкие озера и заболоченные участки. Берега сильно изрезаны и подвержены абразии. Правый берег приподнят, а левый равнинно-пологий, причем к нему примыкают орошаемые поля. Чаша водохранилища занята наносами реки, сбросами каналов и коллекторов, а также материалом переработки берегов и овражной эрозии.

Дауткульское водохранилище относится к озерному типу и расположено на излучине Амударьи в системе озер Дауткуль, которые путем обвалования были превращены в водохранилище. Длина дамбы обвалования составляет 6 км, высота — 3,5—8 м. Длина береговой линии водохранилища составляет примерно 70 км, а его объем — 350 млн. м³. Амударьинская вода поступает в водохранилище через приток Карабек-Жармыш. Ее подача регулируется земляными перемычками. Под влиянием водохранилища развиваются овражная эрозия, подтопление и засоление грунтов.

Талимарджанское водохранилище построено в 1974 г., имеет объем 1525 млн. м³, площадь зеркала 78,5 км², среднюю глубину 20 м (панбольшая 40 м) и относится к котловинно-наливному типу. Земляная плотина расположена в средней части Каршинского магистрального канала. Длина плотины составляет 9,7 км, высота — 35 м, ширина по гребню — 10 м, заложение откосов — 1:3 и 1:4. Верховой откос закреплен монолитной железобе-

тонной облицовкой толщиной 20—25 см с обратным фильтром в ее основании, низовой — отсыпкой слоя гравелитов толщиной 0,5 м. Выше устроены дренажная призма и закрытая трубчатая дрена с двухслойным обратным фильтром. Эксплуатация водохранилища вызвала подтопление больших площадей на юге Каршинской степи. В нижнем бьефе все карьеры полностью затоплены и образовались мелкие озера. Западное побережье покрыто камышами и заболочено, восточное — подвергается интенсивному разрушению, на северном — развито опрагообразование. Меры, принятые по предотвращению сильной фильтрации, не оправдались, и потери воды огромны.

Ташкентское водохранилище построено в 1960 г. Объем его составляет 250 млн. м³, протяженность — 8 км, ширина — 2,2 км, площадь зеркала — 20 км², максимальная глубина — 34 м. Водохранилище относится к долинно-руслевому типу. Насыпно-земляная плотина, сооруженная в русле р. Ахангаран, имеет длину 2610 м, высоту 34 м и ширину по гребню 11 м. Заложение откосов 1:2 и 1:3.

При строительстве плотины использованы местные материалы (суглинок и галечник). Суглинистое ядро плотины погружено с верховой и низовой сторон галечниковыми призмами. Верховой откос закреплен сборным и монолитным железобетоном. Концевыми участками плотины служит дамба обвалования общей длиной 19 км.

Лже и борта водохранилища сложены лёссовидными породами, песками и галечниками. Уровенный режим характеризуется значительной сработкой (до 25 м), что существенно отражается на переработке берегов. За многолетний период эксплуатации отступление берегов, сложенных лёссовидными породами, составило 20—40 км, а объем размывов пород — 100—800 м³.

В период сработки уровня воды в водохранилище наблюдалось образование оплывин объемом до 1000 м³. Интенсивное оврагообразование обуславливается прежде всего сбросом поверхностных вод в водохранилище. Скорость формирования отдельных оврагов достигает 12 м/сут. Средняя ширина оврагов составляет 1,5—4 м, а глубина вреза достигает 5 м.

Таким образом, при эксплуатации водохранилищ наблюдается взаимодействие природных и антропогенных факторов. На характер переработки берегов оказывает первостепенное влияние сезонность его наполнения и опорожнения.

В целом, анализируя проблему создания равнинных водохранилищ Туранской плиты, можно сделать вывод, что их основная функция связана с регулированием стока и накоплением воды для орошения. В условиях широкого распространения супесчано-суглинистых грунтов их эффективность невысока, так как активная переработка берегов и быстрое заиливание ложа водохранилища приводят к значительному снижению полезного объема.

Главная особенность крупных водохранилищ (с зеркалами в сотни квадратных километров) в аридной зоне — большие потери

воды на испарение. Так, на Чардаринском водохранилище эти потери составляют 600, на Туямуюнском — 1000, а на Зендском — до 1500 млн. м³ в год.

Проблема охраны водных ресурсов и их рационального использования требует разработки новых высокоэффективных способов аккумуляирования воды. В этом направлении в настоящее время прорабатываются вопросы использования подземных полостей в качестве хранилищ воды. Успешное их решение позволит сберечь миллиарды кубических метров воды, терявшихся на испарение.

22.5. Линейные сооружения

На территории Туранской плиты созданы и эксплуатируются крупные линейные сооружения, различающиеся как масштабами, так и комплексом решаемых с их помощью задач. Одними из первых стали железные дороги и автомобильные дороги с соответствующим комплексом сооружений (мосты, водоводы и т. д.), часто проложенные параллельно железным. Малые мосты и трубопроводы построены на естественном основании, а крупные мостовые переходы — на фундаментах глубокого заложения, преимущественно свайных. Бурное развитие гидроэнергетики, освоение новых земель и эксплуатация газовых месторождений сопровождалась строительством мощных линий электропередач, магистральных газопроводов и ирригационных каналов протяженностью в сотни и тысячи километров (см. рис. 22.1).

Автомобильные дороги строятся в основном из местных материалов. Грунт обрабатывают вяжущими веществами и уплотняют дорожными механизмами, что приводит к коренному изменению его свойств. Сильное природное засоление грунтов делает их мало пригодными для строительства дорог, особенно дорог высокого класса. Грунты, используемые на территории Туранской плиты для строительства автомобильных дорог, делятся на три разновидности: песчаные, супесчано-суглинистые и лёссовидные.

Инженерно-геологические условия пустынной зоны довольно просты. Верхняя часть геологического разреза сложена нерасчлененными четвертичными породами, представленными сухими, средней плотности (1,46—1,53 т/м³) песками, суглинками и супесями. Высота насыпи достигает 2 м, ширина резервов принимается по потребности, внешний откос 1:2. Выбор трассы должен быть основан на тщательном изучении рельефа песков, определении особенностей их движения в полосе шириной 3—5 км и возможности закрепления растительностью. Как показывает опыт, проложение дороги вдоль форм рельефа, не попадающих под влияние ветра, дает лучший эффект. Для создания плотного слоя и защиты полотна от выдувания на песчаном грунте создают суглинистую диафрагму (рис. 22.2). Полотно покрывается щебепочно-песчаной смесью, а для получения качественного покрытия поверхность увлажняют и уплотняют дорожными механизмами. Чтобы предотвратить занесение

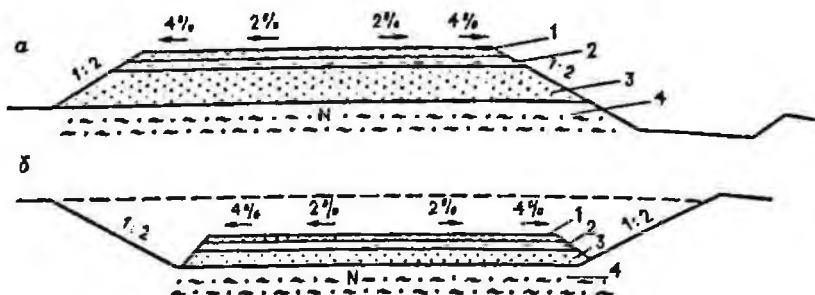


Рис. 22.2. Разрез полотна автомобильной дороги Тамды—Родник—Дженгетелаб на песчаных грунтах в Кызылкумах на участках насыпи высотой до 2 м из придорожного грунта (а) и выемки глубиной до 2 м (б):

1 — твердое покрытие; 2 — суглинистая диафрагма; 3 — песок; 4 — среднечетвертичные суглинки. На рисунке в процентах указаны уклоны полотна дороги

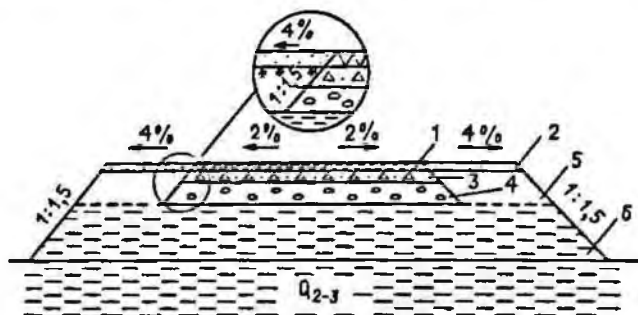


Рис. 22.3. Разрез полотна автодороги в орошаемой зоне:

1 — покрытие из горячей плотной среднезернистой асфальтобетонной смеси; 2 — укрепление обочины гравийно-песчаной смесью (6 см); 3 — слой щебня (10 см) с укладкой битума; 4 — нижний слой (10 см) основания из гравийно-песчаной смеси; 5 — присыпанная обочина; 6 — грунт насыпи (суглинки). На рисунке в процентах указаны уклоны дорожного полотна

полотна песком, дорога прокладывается по гребню песчаных гряд во избежание нарушения естественного залегания. Для создания хорошей продуваемости и предупреждения дефляции автодорожным откосам придают обтекаемый профиль (1:10). Хорошую защищенность фитомелнорацией можно наблюдать на автодороге Нукус—Бухара, по Большому и Малому Кызылкумским кольцам. В отдельных местах наблюдаются песчаные заносы. На участке автодороги Нукус—Бухара между 337-м и 387-м километрами толщина нанесенного на полотно автодороги песчаного слоя составляет 18—20 см, а длина заноса изменяется от 50 до 200 м. Имеются места, где поперечное движение потока при отсутствии водовыпусков или их малых размерах приводит к подмыву дороги, отмечены случаи разрушения дорог в местах сопряжения с мостовыми переходами.

При строительстве автодорог на супесчано-суглинистых грунтах

в орошаемых районах необходима защита полотна от переувлажнения и вторичного засоления. Для предотвращения этих явлений предусматривается подъем земляного полотна над уровнем грунтовых и поверхностных вод (рис. 22.3), а также создание системы водоотвода. В результате переувлажнения песчано-суглинистых пород развиваются суффозионные и эрозионные процессы, которые вызывают деформацию полотна. Чтобы предотвратить их развитие, во время строительства основу земляного полотна разрыхляют до глубины 0,8—1 м, заливают водой и уплотняют дорожными механизмами.

При строительстве и эксплуатации дорог на лёссовых и лёссовидных грунтах процессы, приводящие к дефляции полотна, проявляются в более широком масштабе, чем на супесчано-суглинистых. Примером является оседание автомобильной бетонной дороги на участке Ташкент—Чиназ, происшедшее в 1979 г. через 10 лет после сдачи ее в эксплуатацию. Причиной просадки стали поливные воды, увлажняющие лёссовую толщу при орошении полей. Аналогичные явления наблюдались на автодорогах Ташкент—Алма-лык и Гулистан—Джизак.

Своеобразные трудности возникают при прокладке железных дорог по орошаемой территории с высоким положением УГВ и наличием засоленных участков, а в пустынной зоне—с развитием дефляционных и эрозионных процессов. Например, по трассе дороги Сырдарья—Джизак УГВ в апреле находится на глубине 1, а в сентябре—1,8 м, годовая амплитуда составляет 0,8 м. Для предотвращения увлажнения земляного полотна подземными водами оно было поднято на высоту более 2 м, ширина площадки составила 7 м с заложением откосов 1:25 и толщиной балластного слоя 0,35 м. Во избежание деформации земляного полотна и разрушения откосов, возведенных на просадочных лёссовых породах, производится их послойное трамбование и уплотнение, строятся водоотводы, увеличивается толщина балластного слоя для предотвращения образования балластных корыт.

В орошаемой зоне развиты солончаки, которые могут значительно снизить прочность основания земляной насыпи. Так, во время строительства часть железной дороги Джизак—Учкулак прокладывалась на сильно загипсованных грунтах, со множеством суффозионно-карстовых пустот и полостей. Для предотвращения карстового процесса на участках, где не было возможности обхода, произведена вырезка слоя гипса на глубину 2 м с заменой дренающим грунтом.

При строительстве железных дорог в зоне развития золых песков (Центральные Кызылкумы) основные трудности связаны с занесением полотна дорог движущимися песками и выдуванием насыпей. Для предотвращения выдувания супесчаную насыпь засыпают замоченным и уплотненным суглинистым материалом, который образует диафрагму.

Для защиты дорог от неблагоприятных геологических процессов проводят защитные мероприятия. Мелкие овраги засыпают грун-

том из расположенных поблизости выемок, в крупных оврагах укрепляют дно, строят водоотводы (по всей прилегающей к дороге территории), лотки, быстротoki и гасители энергии воды. При подрезке склонов, сложенных лёссовидными суглинками, делают прямые откосы с террасированием и посадкой деревьев и кустарников.

На участках пересечения с оросительными каналами или естественными водотоками строят мостовые переходы или прокладывают железобетонные трубы диаметром 1—1,5 м, последнее, однако часто не дает желаемого эффекта. Там, где рельеф не позволяет строить мосты или водопропускные железобетонные трубы, по руслу водотока прокладывают бетонную дорогу типа широкого лотка. В качестве примера можно привести переходы-сбросы на автодороге Джизак — Пурата.

Значительное место в освоении территории занимает строительство магистральных трубопроводов — групповых водоводов для отгонного животноводства и к промышленным центрам, газовых магистралей. Основные неблагоприятные факторы, с которыми приходится бороться при прокладке магистралей, — это подтопление, высокая агрессивность среды в условиях орошаемого земледелия и при пересечении солончаков и шоров. Магистральные газопроводы начинаются в Кызылкумах.

В процессе эксплуатации газопровода движущиеся пески под влиянием ветра выдуваются из насыпи, и трубы оголяются. Во избежание этого планировка песчаных массивов производится до отметки грядовых впадин так, чтобы трубы находились в коренных породах. Высота засыпки газопровода и глубина траншей на различных участках изменяются от 0,9 до 2 м. Во время строительных работ уничтожается растительность по трассе, что приводит к дефляции.

Прокладка газопровода на орошаемых территориях связана с коррозией металла труб. В связи с этим газопроводы строят в обход основных поливных земель, что ведет к удлинению трассы и увеличению затрат. Например, при строительстве газопровода Бухара — Урал был совершен обход Хорезмского оазиса по южной границе через Каракумы.

Своеобразные трудности возникают при строительстве газопроводов на территориях, сложенных просадочными лёссовидными породами, и в первые годы их эксплуатации. В результате подрезки склонов или давления конструкции развиваются осадки и просадка, возникают мелкие спливы, суффозионные воронки, а на наклонных участках — овраги.

На участках развития заболачивания и засоления трубы укладывают на насыпях, возводимых из привозного грунта, что уменьшает коррозию металла труб.

Каналы в Узбекистане строят для целей ирригации; их густая сеть покрыла Голодностепские, Каршинские, Бухарские, Хорезмские и Каракалпакские орошаемые массивы. Среди крупных ирригационных систем можно отметить каналы Кировский, Южно-Голодностепский, Акау-Каршинский, Аму-Бухарский, Кызкертгенский, Таш-

сакинский, Шаватский, Каракумский им. Ленина, Пахтаарна (см. рис. 22.1).

Каналы не имеют антифильтрационной изоляции, роль которой выполняют насосы, осаждающиеся по смоченному периметру.

Для ирригационных систем характерно то, что инженерно-геологические процессы на бортах каналов развиваются не повсеместно, а локально, на отдельных участках.

Из инженерно-геологических процессов на бортах каналов наблюдаются обрушения, оврагообразование, засоление, суффозия, и заиливание. Обрушения и вывалы образуются на бортах каналов, сложенных преимущественно суглинками. Объемы их невелики. Овраги и промоины возникают в супесчано-суглинистых породах и насыпном грунте там, где происходит слив поливных вод в канал, а также при прорыве дамб и нарушении растительного покрова бортов и сопровождаются развитием суффозионных воронок. Ширина промоин составляет 80—120 см, глубина — 50—70 см, длина — 3—5 м. Овраги имеют большие размеры: длина до 20 м, ширина до 25 м. Их развитию способствует ирригационная эрозия.

Засоление бортов каналов довольно значительно. Местами на берегах каналов начинают развиваться небольшие солончаки. Широкое распространение получило вторичное засоление в зонах инфильтрации.

На новых ирригационных каналах (система Кырккыз) при усиленном увлажнении бортов, сложенных суглинистыми и песчаными отложениями, очень быстро (в течение нескольких дней) образуются суффозионные воронки и блюдца проседания, которые располагаются небольшими группами или в одиночку на расстоянии 300—500 м друг от друга.

Способность к набуханию глины, через которые проходят каналы, является одним из факторов, наиболее осложняющих условия строительства и влечет за собой деформацию откосов, заиливание дна, оползание и обрушение бортов каналов. На бортах каналов, пересекающих массивы песков, наблюдаются обрушение и осыпание песков, образование промоин, эоловые процессы и заиливание. Пески закрепляются за счет накопления наносного ила. Толщина илистых отложений по бортам составляет 3—5 см. При высыхании они уплотняются, покрываются мелкими трещинами, бронируют поверхности и предохраняют песчаный борт канала от обрушения и осыпания.

Во всех каналах происходит заиливание дна. В составе наносов преобладают песчаные фракции. Местами в этом процессе участвуют материалы обрушения бортов.

Опыт эксплуатации каналов и связанные с ними изменения геологической среды рассмотрены ниже на конкретных примерах наиболее крупных каналов Туранской плиты.

Каршинский магистральный канал длиной 176,6 км обеспечивает водой 364 тыс. га земель (рис. 22.4). Забор воды производится из р. Амударьи. Вода поднимается на высоту 132,2 м с помощью каскада насосных станций. Канал делится на две части:

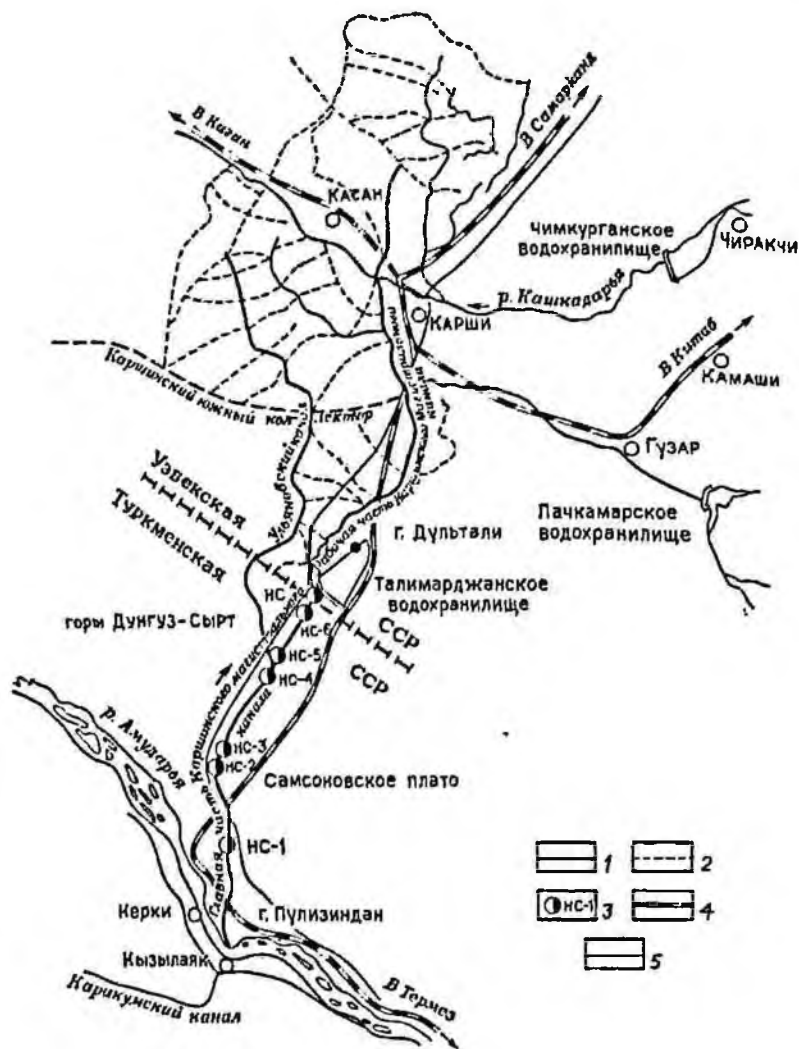


Рис. 22.А. Схема первой и второй очередей Каршинского магистрального канала:
1 — магистральные каналы, 2 — коллекторы; 3 — насосные станции; 4 — железные дороги;
5 — автомобильные дороги

головную (машинный канал) и рабочую (самотечный канал). На стыке этих частей расположено наливное Талимарджанское водохранилище.

Первый участок головной части магистрального канала проходит по надпойменной террасе реки, сложенной преимущественно песками и супесями. Лишь у самой реки вскрываются сильно обводненные известняки. Отдельными массивами по поверхности террасы

распространены бугристые пески. Русло канала на этом участке расположено в выемке.

Второй участок канала проложен по такырной равнине, сложенной пролювиальными суглинками, супесями, глинами и песками общей мощностью 30—50 м. Грунтовая толща до глубины 2—4 м содержит большое количество гипса (6—10 %). Грунтовые воды залегают на глубине 10—25 м.

Третий участок канала проходит по возвышенности Бугоба и волнистой пролювиальной равнине. Грунты представлены слабосцепаются в слабосвязанные пески или супеси. Грунтовые воды вскрываются на глубине 28—30 м.

Рабочая часть канала проложена по орошаемым землям дельтовой равнины. Этот участок сложен суглинками, реже супесями с линзами песка и глин. Грунтовые воды агрессивны к бетону, имеют минерализацию 3—10 г/л и залегают на глубине 10—13 м.

Русло на участке, где канал проходит в сильно загипсованных грунтах, облицовано сборными бетонными плитами с ложными швами, под слоем бетона уложена полиэтиленовая пленка толщиной 0,2—0,4 мм. Эти противофильтрационные мероприятия предотвращают развитие карста.

По проекту на завершающем участке канал намечалось покрыть уплотненным суглинистым экраном толщиной 1,5 м. На данной части канала k_f экрана составил 0,00047 м/с.

Аму-Бухарский канал построен для повышения водообеспеченности земель Самаркандской и Бухарской областей, орошавшихся ранее из Зеравшана. Головная часть канала заложена на правом берегу Амударьи (рис. 22.5). На начальном участке трассы канал проходит по пустыне Кызылкум, покрытой бугристыми и барханными песками.

Грунтовые воды на участке подпитывания фильтрационными водами Аму-Каракульского канала залегают на глубине 1,55 м. На всем остальном протяжении Аму-Бухарского канала УГВ находится ниже проектного дна канала.

Первая ступень подъема воды расположена у насосной станции Хамза. Высота подъема составляет 45 м, расход — 66,4 м³/с.

Машиный участок канала от насосной станции Хамза I проложен в песчанках Каракульского плато в русле, которое было создано взрывом на выброс. Грунтовые воды залегают на глубине 4,3—14,7 м. Коэффициент заложения откоса составляет 1,5—2, ниже горизонта воды в канале — 3.

В северной части Каракульского плато канал пересекает толщу плейстоценовых сцементированных гипсом песчаников, которые заменены другими грунтами. В противном случае гипсы могли бы выщелачиваться из песков, что со временем привело бы к деформации откоса и оседанию дна канала.

Выше Каракульского плато трасса канала проходит у подножия возвышенности Сарыташ, сложенной верхнеплейстоценовыми песчаниками слабой и средней степени цементации. С поверхности за-

Уникальным линейным сооружением является самотечный Каракумский канал им. В. И. Ленина длиной 1100 км (см. рис. 22.1). Было использовано естественное снижение поверхности от 250 м на Амударье до 28 м у Каспийского моря. Канал пересекает Туркмению с востока на запад и оказывает огромное положительное влияние на экономику республики. Создание канала позволило улучшить водоснабжение городов, поселков и пастбищ. На его базе развивается промысловое рыбоводство.

На этапе создания первой очереди вода была доведена до Мургабского оазиса, второй — до Тедженского оазиса, третьей — до строительства четвертой очереди, которое позволит довести воду до г. Казанджика. Особенностью канала является то, что строится он без облицовки, что удешевило и ускорило его строительство. Вторая особенность — бесплотинный водозабор, который осуществляется из Амударьи. Предусмотренные на канале водохранилища позволяют в условиях непрерывного его действия накапливать запасы воды в осенне-зимний период, что позволяет на 30—35 % повысить использование летнего стока для орошения без увеличения пропускной способности магистралей. В зоне первой очереди для создания водохранилищ были использованы естественные понижения рельефа.

Проблема обеспечения устойчивости русла в сложных природных условиях имеет существенное значение, так как вдоль канала сформировалась зона, в пределах которой отмечается заметное изменение геологической среды. Ширина этой зоны колеблется от нескольких сот метров до 2 км. В ее пределах развиты эрозия, сели, дефляция, суффозия, просадка, засоление, боковая и донная эрозия, заиление, заболачивание, образование барханных песков. Площадь высокопроизводительных земель и земель пониженного плодородия, восстанавливаемого в мелноративный период, составляет в зоне канала более 3 млн. га, из них в настоящее время освоено под орошение 600 тыс. га.

Фильтрация из канала, борта и дно которого сложены рыхлыми породами, в первые годы после пуска воды весьма значительна. Важным последствием фильтрации является подъем УГВ. До строительства канала УГВ в дельте Мургаба залегал на глубине до 25 м, в дельте Теджена — до 12 м и в предгорной равнине Копетдага — до 80 м. Минимальная глубина (до 3 м) отмечалась только в интенсивно орошаемых частях дельт и периферийной части предгорной равнины, где разгружается грунтовый поток. По данным Б. О. Ниязова, за первые три года эксплуатации вблизи канала УГВ в дельте Мургаба местами поднялся на 12—25 м. В 1983 г. более половины всех орошаемых земель Тургабского оазиса характеризовалось глубиной залегания УГВ от 1 до 2 м. Участки с глубиной грунтовых вод 3—5 м через один-два года эксплуатации канала почти полностью переходят в категорию гидроморфных.

По мере повышения уровня высокоминерализованных вод и за счет поверхностного испарения в зоне Каракумского канала стали расширяться площади вторичного засоления земель, формироваться пухлые и мокрые солончаки. Особенно наглядно этот процесс прослеживается на примере Мургабского оазиса (см. рис. 22.1).

Засоление начинается вблизи ирригационного канала в полосе шириной до 150 м, а также в межканальных депрессиях. В настоящее время ведется строительство коллекторно-дренажной сети, что позволит постепенно увеличить площади слабозасоленных и незасоленных почв вблизи канала. Рассоление достигается также ежегодными промывными поливами, в результате которых в понижениях рельефа возникло большое число мелких временных и постоянных озер. Там, где грунтовые воды выступают на поверхность, наблюдается заболачивание.

Эксплуатация Каракумского канала привела к тому, что процессы дефляции в целом в зоне канала усилились, а площади барханных песков увеличились. В береговой полосе вдоль канала возникли техногенные пески, которые, по существу, ничем не отличаются от барханных, но меньше поддаются воздействию ветра, легче закрепляются и зарастают.

Из русловых процессов следует отметить образование русел-прожогов и обрушение бортов канала. Совокупное действие эоловых и русловых процессов способствует обогащению потока взвешенными частицами, что приводит к заилению.

22.6. Разработка месторождений полезных ископаемых

На территории Туранской плиты разработка месторождений полезных ископаемых сконцентрирована в основном в районах Центрального Кызылкума, Северного Наратау и частично Заравшанской впадины. К горным возвышенностям (Мурунтау, Ауминизатау, Бельтау, Букентау и др.) приурочены рудные месторождения, в более пониженных частях широко распространены различные виды нерудного сырья: фосфориты, соли, разнообразные облицовочные и строительные материалы.

В виду разобщенности и неглубокого залегания залежей руды разработка месторождений ведется карьерами и траншеями, в отдельных случаях — комбинированными способами, а в перспективе — выщелачиванием, на более глубоких горизонтах — подземным. Площадь большинства карьерных полей рудных месторождений составляет 0,2—3 км², а с терриконом и отвалом — достигает 7 км². Имеются месторождения, занимающие и большие территории, например, фосфоритовые площадью около 80 тыс. км².

Одно из наиболее крупных месторождений — Мурунтау, которое отрабатывается с 1962 г., причем верхние горизонты — открытым способом; а нижние — подземным. Система отработки верхнего горизонта — транспортная с перемещением пород вскрыши во внешние отвалы. К концу отработки площадь карьерного поля увели-

чится до 4—4,5 км². При этом его глубина составит 440—450 м. В 1987 г. карьер имел 15 уступов (высота 15—20 м, ширина транспортных берм 25—30 м), глубину 250 м и площадь карьерного поля 1,9 км². Генеральный угол заложения составляет 46—48°. Общая площадь отвального хозяйства составляет около 4 км², средняя реннем площади без образования ярусов, при этом угол естественного откоса составляет 60—70°. На глубине 450 м под карьером пройден эксплуатационный шахтный горизонт (рис. 22.6). Такая особенность технологии разработки позволила сдренировать трещинные подземные воды и осушить уступы карьера. Это привело к повышению устойчивости бортов карьера на 15—18 %. В то же время запыленность карьерного поля повысилась в 6—8 раз, что потребовало регулярного полива уступов.

Устойчивость бортов карьера связана с их трещиноватостью, наличием разрывных нарушений и прослоев слабых разностей пород. Потенциально неустойчивы участки разломов, имеющие зоны дробления мощностью более 1 м. На участках, где разрывные нарушения имеют более узкие зоны дробления, основную роль будет играть их расположение по отношению к бортам карьера. Если эти нарушения расположены параллельно бортам и падают в сторону выемки, то условия отработки самые неблагоприятные. В отношении устойчивости благоприятными являются углы падения, близкие к углам наклона борта, но не более 75°. По особенностям дизъюнктивной тектоники выделяются следующие неблагоприятные в инженерно-геологическом отношении участки: а) сопряжение нескольких, ориентированных в разных направлениях крупных разломов и сопутствующих им разрывов; б) совпадение простирания разрывов с ориентировкой борта карьера; в) сочетание разрывных нарушений, сместители которых круто наклонены в направлении выработок, с интенсивно расслоенными крутопадающими разломами (особенно в сторону выработанного пространства). На участках таких нарушений могут развиваться различные инженерно-геологические процессы, в частности деформационно-осыпные. В карьере выветрелый материал накапливается в нижней части откосов, при этом высота рыхлых накоплений может достигать $\frac{2}{3}$ их высоты, а угол естественного откоса — 45°.

Обрушения и вывалы пород в большинстве случаев приурочены к рабочим уступам карьеров. Их объемы в зависимости от типа месторождений, геолого-тектонических условий и технологических параметров карьеров изменяются от 0,2 до 70 тыс. м³. Обрушения происходят мгновенно и представляют наибольшую опасность при работах на нижележащих уступах. Наиболее опасные процессы в горных выработках (шахтных горизонтах) — это прорывы подземных вод и выдавливание пород.

В глубоких горизонтах при пересечении горными выработками региональных разломов, заполненных глиной трения и особенно перетертым материалом, наблюдается выдавливание пород в выработанное пространство. Одно из них объемом 250 м³ было зафик-

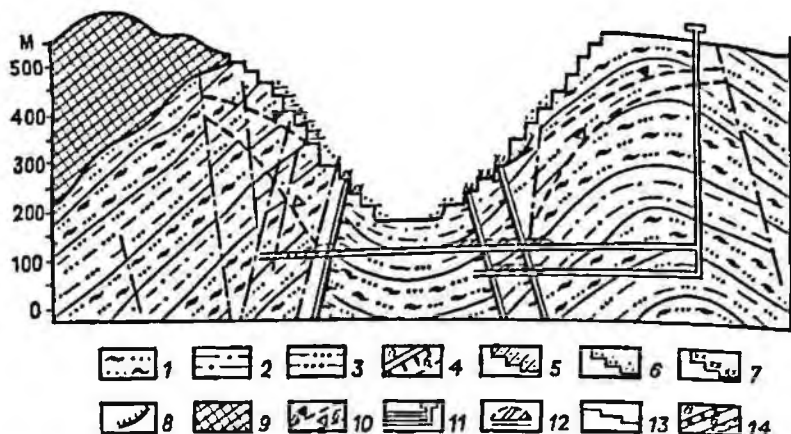


Рис. 226. Схематический разрез карьера Мурунтау:

1 — углисто-сланцевые сланцы; 2 — алевролиты; 3 — песчаники; 4 — разломы региональные (а) и альяжные (б); 5 — зона выветривания; 6 — осыпи; 7 — трещинообразование в породе; 8 — обрушения; 9 — отвал пустой породы; 10 — депресссионная кривая до прохода шахтных горизонтов под карьером (а) и после нее (б); 11 — шахта и шахтно-пильные горизонты; 12 — зона концентрации напряжений; 13 — откосы уступов; 14 — крепления нижерые (а) и деревянные (б)

сировано на глубине 240 м и приурочено к обводненной зоне дробления.

При длительной эксплуатации глубоких горизонтов месторождений снижение устойчивости горных выработок может быть связано с реологическими явлениями. В сланцевой толще они вызывают деформацию скальных пород и проявляются на глубине 300 м и более, а в полускальных — со 180 м.

Анализ устойчивости горных выработок при строительстве (разведке) и эксплуатации месторождений показывает, что определяющим фактором является наличие разрывных нарушений.

Установлено, что коэффициент трещинной пустотности, как основной показатель в зонах разломов составляет 6—8 %; в 5 м от нее — 4,5—6 %; в 10 м — 3—4,5 % и в 20 м — 1,5—3 %. На расстоянии более 20 м от разломов трещиноватость в одних случаях уменьшается, в других увеличивается. Такое бессистемное изменение связано с тем, что породы могут попасть в зону влияния других разломов. По значениям временного сопротивления пород на сжатие выделены пять категорий прочности: 1) слабая ($\sigma_{сж}=10$ МПа) — глиноподобные породы и филлитовидные сланцы, сильно измененные и перемятые. На бортах или в горных выработках без крепления они разрушаются; 2) низкопрочная ($\sigma_{сж}=10—30$ МПа) — породы сильнотрещиноватые, измененные, без структурных связей (филлитовые сланцы (45 % образцов), углеродисто-кремнистые сланцы и глиноподобные породы (около 20 % образцов)). В бортах эти участки необходимо предварительно закрепить или уменьшить угол откоса, в горных выработках требуется сплошное анкерное крепление; 3) прочная ($\sigma_{сж}=30—50$ МПа) — породы трещиноватые, залеченные кальцитом и другими минералами. В сухом состоянии

они устойчивы, а при замачивании неустойчивы. Среди пород данной категории наибольшую часть составляют углеродисто-кремнистые сланцы (около 25 %); 4) высокопрочная ($\sigma_{сж} = 50-100$ МПа) — породы слаботрешиноватые, крупнообломочные, в горных выработках — устойчивые. К ним относятся граниты (40 % образцов), 91 %) и другие разновидности пород (до 11 %); 5) весьма прочная ($\sigma_{сж} > 100$ МПа) — породы массивные, практически не трещиноватые, в горных выработках устойчивые, разработка осуществляется с помощью взрыва.

Месторождение фосфоритов в Центральных Кызылкумах приурочено к палеогеновым отложениям, характеризующимся наличием в разрезе сильнонабухающих монтмориллонитовых глин. Фосфориты будут разрабатываться небольшими карьерами и траншеями до глубины 60—80 м, общая площадь вместе с отвалами составит 100—120 км². Генеральный угол заложения бортов карьера в сухом состоянии до 50°, во влажном — составляет 30—40°.

По степени влияния гидрогеологических условий на выбор технологии разработки фосфоритовые месторождения условно разделяются на две группы: необводненные и обводненные. К первой группе отнесены участки Джерой, Сардара и Ташкура, где разрабатываемая толща расположена выше уровня подземных вод, что является благоприятным фактором при добыче фосфоритов. Ко второй группе относятся участки Азнек и Айдинбулак, где продуктивная толща сильно обводнена за счет перетекания части вод сенона-палеоценового комплекса по зонам тектонических нарушений. По данным ПО «Узбекгидрогеология» на участке Азнек на площади 5 км² пьезометрический уровень подземных вод устанавливается на высоте до 50 м относительно дна будущего карьера.

Сильная обводненность некоторых частей фосфоритовых месторождений и сезонное колебание уровня подземных вод способствуют развитию процессов набухания и усадки глинистых пород, что играет существенную роль в изменении устойчивости откосов и бортов карьера, вызывает деформации горнотехнических сооружений.

Во всех месторождениях набухающие глины монтмориллонитового состава залегают над продуктивной толщей на глубине 3—20 м от поверхности земли. Они однородны, за исключением небольших линз ожелезненных песчаников (тонкие прослой 0,2—5 м) и обломков кварца. В зонах тектонических нарушений глины пластичные и сильно перемятые. Набухание и усадка грунтов имеют сезонный характер.

Кинетика набухания и усадки зависит от первоначальной влажности, числа пластичности, минерального состава и степени нарушения глинистых пород в зонах тектонических нарушений. При влажности 30—40 % набухание составляет от 2,5 до 5 %, а при влажности 20—25 % — от 10 до 30 %. Минимальные значения свободного набухания (2—4 %) характерны для грунтов, содержащих 20—40 % глинистой фракции, наибольшие — для грунтов, на 60—80 % состоящих из нее.

Установлено существенное изменение объема и плотности глинистых пород после набухания, высушивания и повторного набухания. В нарушенных глинах после набухания увеличение объема разломов составило 20 %, из зон разломов — 30 %. После высушивания объем уменьшился соответственно на 25 и 43 %.

Набухание также оказывает существенное влияние на прочность глинистых пород. Результаты испытаний глин на сдвиг с учетом набухания показали, что угол внутреннего трения зеленых глин уменьшился на 50 %, известковых глин — на 25 %. Незначительное снижение этого показателя отмечено и для мергелей. Давление набухания почти в 2 раза превышает природное и в глинистых разностях на глубине 30—35 м достигает 1,3 МПа.

Из приведенных данных видно, что устойчивость горных выработок, пройденных в сильнонабухающих глинах, может при их увлажнении значительно снизиться, что особенно характерно для стационарных выработок, испытывающих многократные изменения влажности как в сезонном, так и в многолетнем разрезе.

В последние годы расширяются работы по извлечению полезных компонентов методом подземного выщелачивания (ПВ) из бедных и забалансовых руд, руд сложного минерального состава с низким показателем извлечения металлов и др. Наиболее широко применяются схемы выщелачивания из проницаемых руд в естественном залегании через скважины с предварительным дроблением руд взрывами (кучное выщелачивание) и использованием горных выработок для подачи и отвода растворов (скважинное выщелачивание). Успешно применяется скважинное выщелачивание при разработке калийных солей в саях Кургузульской бухты залива Кара-Богаз-Гол. Подземное выщелачивание приводит к активизации процесса карстообразования. Например, активизация карстовых и суффозионных проявлений вблизи эксплуатационных скважин наводит на мысль, что карстование происходит в результате поступления недонасыщенных рассолов из толщи гипсовых песков, подстилающих покровные илы, и растворения галита. По данным С. Д. Кузнецова, наблюдательную скважину полностью пройти не удалось из-за интенсивного обрушения и осыпания гипсового песка с остатками галита. Подобные процессы приводят к деформации покровных илов и снижению их прочности, что в свою очередь создает благоприятную обстановку для нарушения гидравлической изоляции галита и проникновения в него поверхностных и грунтовых вод. В периоды нагонов обессульфаченная рапа залива, проникая в соляной пласт, активизирует процессы выщелачивания и суффозии, что приводит к образованию карстовых полостей и разрушению скважины. Например, рассолозабор из 12 скважины участка «Горный неч» был полностью разрушен нагонной рапой, просуществовав всего около двух лет.

Кучному выщелачиванию в Центральном районе Кызылкума подвергают бедные забалансовые руды или старые отвалы руд цветных металлов. Широкому применению ПВ в настоящее время

препятствует отсутствию опыта по повышению проницаемости рудного массива.

Анализ опубликованных работ по ПВ показывает, что в теоретическом и практическом планах технология извлечения полезных компонентов хорошо разработана. В лабораторных условиях изучено влияние промышленного раствора на физико-механические свойства выщелачиваемых рудосодержащих пород.

Опыты показали, что после выщелачивания предел прочности углисто-слистистых сланцев понижается в 3 раза, филлитовидных сланцев — в 2 раза, углеродисто-кремнистых — в 1,5 раза.

Разработка месторождений твердых полезных ископаемых на территории Туранской плиты осуществляется в основном в простых и средней сложности инженерно-геологических условиях. Оработка проводится открытым, подземным и комбинированным способами, реже — подземным выщелачиванием.

Таким образом, опыт инженерно-хозяйственного освоения Туранской плиты показывает, что масштабные изменения геологической среды начались в 1970-х гг., когда с увеличением темпов мелноративного строительства были освоены крупные земельные массивы. Прокладка грандиозных каналов и интенсивное орошение привели к широкому развитию процессов подтопления и засоления.

Строительство крупных равнинных водохранилищ в условиях аридного климата и в супесчано-суглинистых и песчаных грунтах сопровождается повсеместной переработкой берегов, интенсивность которой сохраняется постоянной в течение 10—15 лет после начала их эксплуатации.

Обогатился и опыт промышленно-гражданского строительства на слабых просадочных лёссовых грунтах в условиях высокой сейсмичности территории. Применение новых технологических решений и новых материалов позволило решить проблему строительства в специфических условиях Туранской плиты таких уникальных сооружений, как высотные здания, крупные промышленные комплексы и метрополитен. При этом во многом помог опыт строительства сооружений, сохранившихся с XII—XIV вв. и переживших несколько сот крупных землетрясений.

Локальные изменения геологической среды отмечают при строительстве автомобильных и железных дорог, разработке месторождений полезных ископаемых.

Глава 23

ПРОГНОЗ РЕГИОНАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ, ПРОБЛЕМЫ ЕЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ В СВЯЗИ С ДАЛЬНЕЙШИМ НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННЫМ ОСВОЕНИЕМ ТУРАНСКОЙ ПЛТЫ

Интенсивное освоение Туранской плиты различными видами строительства на современном этапе привело к глубоким изменениям геологической среды, которые проявляются на локальном

и региональном уровнях и зависят от характера и вида техногенного воздействия.

Продолжаются процессы естественного иссушения и засоления земель, глубокая деградация экологической системы, животного и растительного мира, значительно ухудшилось качество питьевой воды.

Успешное решение проблемы охраны геологической среды и оздоровления экологической обстановки базируется на прогнозировании изменений геологической среды в связи с дальнейшим ускорением темпов народнохозяйственного освоения территории.

23.1. Типизация техногенных воздействий на геологическую среду

Характер техногенного воздействия на геологическую среду зависит от особенностей сооружений. В соответствии с этим в качестве признаков типизации выбраны вид строительства, тип сооружения, технология эксплуатации (табл. 23.1). Данные признаки определяют масштаб (региональный, локальный) и характер (площадные, точечные, линейные) изменения геологической среды.

Техногенному воздействию подвержены поверхностные и подземные воды, грунты, рельеф, растительность и климат. Изменяются уровеньный режим, химический состав и минерализация поверхностных и подземных вод, состав и свойства грунтов, проявляется вторичное засоление и меняется общее состояние массивов; под действием экзогенных геологических процессов и сооружений возникают новые формы рельефа; сокращаются или возрастают площади растительного покрова и число видов растений; в зоне действия сооружений формируется микроклимат.

Региональные изменения геологической среды вызываются мелiorативными мероприятиями. Подтопление и вторичное засоление грунтов повсеместно приводят к активизации просадочного процесса, формированию специфических форм рельефа (просадочные воронки, блюдца и трещины проседания) и образованию солончаков и такыров. В зонах водохранилищ и концевых участков крупных магистральных водоводов происходит затопление крупных понижений рельефа и, как следствие, формирование обширной зоны подпора подземных вод и подтопления.

Локальные изменения геологической среды связаны с промышленно-гражданским строительством и разработкой месторождений полезных ископаемых. На каналах и коллекторах развивается линейная и боковая эрозия, террасирование берегов и формируется так называемый ирригационный тип рельефа. Прокладка и эксплуатация автомобильных и железных дорог и трубопроводов способствуют активизации эоловых и суффозионных процессов.

23.2. Характеристика измененности геологической среды

Особенности геологического строения, гидрогеологических и инженерно-геологических условий, рельефа и климата Туранской

плиты в совокупности с техногенным воздействием определили степень и тип происходящих изменений.

По масштабу изменения геологической среды делятся на региональные и локальные. Степень измененности варьирует от сильной до слабой.

Региональные изменения происходят под влиянием орошения (мелиоративное строительство), которое развито на супесчаносуглинистых аллювиальных равнинах вдоль крупных рек (Амударья, Сырдарья, Кашкадарья, Зеравшан, Мургаб, Теджен) и магистральных каналов (Каракумский, Аму-Бухарский, Каршинский), а также на предгорных аллювиально-пролювиальных равнинах Тянь-Шаня и Копетдага.

Наиболее значительные изменения происходят в дельтах Амударьи, Сырдарьи, Зеравшана и Кашкадарьи с низкой естественной дренажностью и проявляются в повышении УГВ, минерализации, засолении грунтов. Региональное направление потока подземных вод на запад-северо-запад определяет характер подтопления и засоления территории, которые наиболее интенсивны в орошаемых оазисах (грунтовые воды выходят на поверхность земли, в зоне насыщения изменяются свойства и химический состав грунтов). В предгорных районах с хорошей дренированностью изменения геологической среды выражены слабо. Значительно изменены лёссовые породы в зонах подтопления, где они потеряли одно из своих главных свойств — просадочность. На вновь орошаемых землях просадочные процессы максимально развиты и сопровождаются формированием провальных воронок и трещин проседания.

Мелиоративное строительство привело к затоплению сбросными водами естественных понижений и формированию сбросных озер (Сарыкамышское, Арнасайское), что вызвало глубокие изменения гидрогеологических условий прилегающей территории (подъем УГВ и повышение минерализации грунтовых вод).

В самостоятельные типы выделены изменения геологической среды в Приаралье, вызванные снижением уровня Аральского моря и осушением его дна. Это привело к образованию солончаковой пустыни в полосе шириной до 90 км (так называемая Ново-Аральская область), где началось опустынивание, развевание пород и солей.

Менее масштабны изменения геологической среды в районах строительства крупных водохранилищ. Здесь они связаны с подпором подземных вод, переработкой берегов, заболачиванием периодически затапливаемых площадей. На равнинных водохранилищах процесс их заполнения протекает столь быстро, что может привести к заполнению чаши наносами в 2 раза быстрее, чем это предусмотрено проектом, и уничтожению водохранилища (Султанбанское, Верхне-Гиндукушское, Ташкепринское).

Локальные изменения геологической среды связаны с промышленно-гражданским и линейным строительством, развитием городов, разработкой месторождений полезных ископаемых. Наиболее интенсивно изменяются городские территории, так как техно-

Вид строительства	Тип сооружений	Элементы сооружений	Особенности технологии		Изменение геологической среды	Экзогенные и эндогенные геологические процессы	Мероприятия по управлению (регулированию) изменением геологической среды
			строительства	эксплуатации			
Промышленно-гражданское	Жилые здания, гражданские, промышленные и подземные сооружения	Спланированные площадки, откосы, траншеи, котлованы, свая, здания, тоннели	Планировка оснований и подготовка откосов (закрепленных, открытых); подготовка траншей и котлованов (с закрепленными и незакрепленными стенками) открытых и с последующей засыпкой оснований (уплотненных и неуплотненных, замоченных и сухих, с гидроизоляции и без нее); проходка тоннелей (механизированным щитом и без него, сплошным лотком) с ви-	Для гражданских сооружений: прокладка коммунальной сети, озеленение, полив, вскрытие оснований подвалами; для промышленных: «мокрая» технология, динамические и неравномерные нагрузки, промышленные стоки; для подземных: динамические нагрузки	Подъем и снижение уровня подземных вод (дренирование котлованами, подпор гидроизоляционными сооружениями и поступлением воды при поливах и утечках из коммунальных сетей и промышленных отстойников); изменение химического состава и минерализации подземных вод (инфильтрация растворов и промышленных стоков из отстойников и канализационных сетей); измене-	Подтопление (в зоне воздействия сооружений); деформация поверхности земли и зданий; заболачивание; просадка лессовых толщ; разжижение пород (ликсотропия) при проходке тоннелей; провалы над подземными выработками; вывалы в тоннелях; обрушение откосов; поверхностная и подземная (суффозия) эрозия; образование промоин и оврагов	Повышение эффективности работы дренажных систем; поддержание коммунальных сетей; регулирование полива при озеленении, режима промышленных стоков и улучшение технологии их очистки и складирования; улучшение деформационных и прочностных свойств грунтов (повышение их несущей способности) — цементация, силикатизация и т. д.; создание гидроизо-

Мелиоративное

Ирригационная и дренажная сеть, фитомелиорация

Спланированные площадки, коллекторы, оросители, распределители, водозаборные и водоподъемные станции, дождевальные установки, системы внутригрунтового капельного орошения, траншеи, колодцы, скважины

брационным воздействием на основание; закладка свай с динамической нагрузкой; укрепление грунтов (силикатизация)

Планировка территории, прокладка коллекторов, распределителей и траншей; подготовка котлованов, водозаборных и водоподъемных сооружений; проходка шурфов и скважин; укрепление бортов и ложа

Распределение поверхностного (поливного) стока; орошение в вегетационный период; посев; промывка земель перед посевом; осушение и сброс промывочных вод по дренажной сети; самоизлия скважин напорных вод

ния свойств грунтов при замачивании, уплотнении и динамических нагрузках; изменение химического состава грунтов фильтрации промышленных стоков; формирование микроклимата над комплексами сооружений; изменение режима поверхностного стока

Подъем (при орошении и самоизлия скважин) и снижение (при осушении) уровня подземных вод; изменение химического состава и минерализации грунтовых вод (в результате подъема УГВ и промывок);

Подтопление орошаемых земель и площадей в местах утечки воды из оросителей, коллекторов и скважин; заболачивание; опустынивание при осушении; просадка на вновь осваиваемых массивах и вдоль оросительных

ляционных завес вокруг сооружений; закрепление откосов и стенок траншей, котлованов и оврагов; снижение просадочности лессовых пород

Улучшение технического состояния существующей дренажной сети и строительство новой (открытая — дренажи и коллекторы; закрытая — горизонтальная — трубчатый дренаж; закрытая вер-

Вид строительства	Тип сооружений	Элементы сооружений	Особенности технологии		Изменение геологической среды	Экзогенные и антропогенные геологические процессы	Мероприятия по управлению (регулированию) изменениями геологической среды
			строительства	эксплуатации			
			коллекторов и распределителей; оборудование траншей и шурфов, их засыпка		изменение свойств и химического состава грунтов (уменьшение содержания глинистой фракции и пластичности) при засолении; уничтожение или появление новой растительности; засоление линз пресных вод; изменение минерализации и засоление поверхностных вод	сетей; образование промывной и поверхностной эрозии (овраги); появление водоемов (сбросных); сокращение акватории Аральского моря (опускание обнаженного дна, засоление грунтов в результате переноса морских солей); осушение дельты Амударьи	тикальная — скважинный дренаж (линейный вдоль оросителей и «конвертный»); регулирование водоподачи на орошение и хозяйственные нужды; промывка земель при эффективном дренаже; сокращение потерь из ирригационной системы (бетонная или пленочная облицовка русел, глинизация); переломное земледелие («сухой дренаж»); снижение УГВ на неорошаемых площадях

Гидроэнергетическое (водохранилища и плотины)

Водохранилища, плотины гидроэлектростанции (сооружения)

Спланированные площадки, котлованы, откосы, тоннели, чаши водохранилища, водовыпуски, водозаборные сооружения

Планировка площадок для плотин и сооружений ГЭС (механическим или взрывным способом); чаш водохранилищ и русел водовыпусков, подготовка (открытых или закрепленных кольматированных); подготовка котлована плотины, ГЭС (закрепление, гидроизоляция); проходка тоннелей и водовыпусков (механизированным или взрывным способом); закладка плотин (насыпным, смешанным способом); облицовка плотин; укрепление грунтов

Пригрузка ложа водохранилища; сезонное наполнение и сработка уровня воды в водохранилище; регулирование (перехват) поверхностного стока; давление на плотину в верхнем бьефе; динамические нагрузки в водовыпусках и сооружениях ГЭС

Изменение режима поверхностного стока; формирование микроклимата; подпор подземных вод при наполнении водохранилищ; изменение химического состава и минерализации подземных вод; изменение фильтрационного режима в створе плотины и водосборных сооружений (фильтрация в основании и в обход плотины); изменение состояния основания и тела плотины (размыв и снижение устойчивости плотины); разрушение почвенного покрова и размыв слабых грунтов на участках

Периодическое затопление земель при наполнении водохранилищ; подтопление территории вокруг водохранилищ и заболачивание низких берегов; суффозионный вымыв пород прилегающих склонов и в основании плотины; поверхностная эрозия (развитие промыв, оврагов); переработка берегов водохранилищ (абразия, обрушение, размыв); просадки на берегах, сложенных лесовыми породами; оползни, суффозионные воронки, провалы, деформации плотины и ГЭС вследствие

Сооружение дамб обвалования вокруг водохранилищ; гидромеханическое воздействие плотин для снижения просадочных свойств лесовидных пород; гидроизоляция тела и основания плотины; фитомелиорация береговых склонов

Вид строительства	Тип сооружения	Элементы сооружения	Особенности технологии		Изменение геологической среды	Измененные и отрицательные геологические процессы	Мероприятия по управлению (регулирующие) изменением геологической среды
			строительства	эксплуатации			
Линейное	Автомобильные и железные дороги, ЛЭП трубопроводы (водопроводы, газопроводы), каналы	Спланированные площадки, насыпи и откосы, траншеи и котлованы, мосты, станции железной дороги, здания и сооружения	прилегающих откосов (цементация, силикатизация); возведение сооружений ГЭС, водозаборных и водовыпускных		нижнего бьефа при прорыве плотин; изменение состава и свойств грунтов на берегах водохранилищ (связано с переменным увлажнением); повышение сейсмичности территории вблизи водохранилищ, вызванное пригрузкой и изменением состояния пород	изменения состояния пород в их основании и в теле плотин; занесение чаш водохранилища и кольматация участков разгрузки подземных вод; засоление грунтов прилегающей территории; сели и паводки при разрушении и прорыве плотин	
			Планировка площадок для насосных станций и сооружений; проходка траншей, выемок для автомобильных железных до-	Нарушение и регулирование поверхностного стока (перехват, перераспределение) автомобильными и железными дорогами;	Изменение режима поверхностного стока и рельефа; загрязнение среды транспортными отходами; подпор подземных вод	Подтопление при фильтрации воды из каналов; заболачивание при затоплении прорывными водами; засоление грунтов	Гидроизоляция русла (бортов и дна) каналов, кольматация глинистыми наносами, бетонное (сильное, плитам)

оружения газоперекачивающих станций, опоры ЛЭП, русла каналов, водозаборные сооружения, водовыпускники и водораспределители	рог, трубопроводов; подготовка откосов (склонов опорагов и насыпей автомобильных и железных дорог (закрепленных и незакрепленных) котлованов зданий и сооружений с замачиванием, уплотнением и гидроизоляцией; закладка фундаментов, свай, опор, ЛЭП и мостов под действием динамической и статической нагрузки; подготовка русла каналов (закрепленных и незакрепленных); уплотнение и гидроизоляция (глинистая, бетонная, пленочная) бортов и дна; засыпка выемок и трубопроводов;	динамические нагрузки	при фильтрации из каналов; изменение химического состава и минерализации подземных вод в результате фильтрации из каналов; формирование линз пресных вод вдоль каналов при увлажнении, вторичном засолении, суффозии (растворении); изменение свойств пород под действием динамических нагрузок от транспорта; уничтожение (изменение) растительного покрова; развитие (формирование) мокрых и пухлых солончаков на площадях вторичного засоления в зоне каналов	при подъеме УГВ в результате подтопления площадей; занесение русла каналов; прорывы воды из каналов по суффозионным полостям; суффозия; русловая эрозия; обрушения бортов каналов, вызванные увлажнением и деформацией русла при набухании глинистых пород; разрушение почвенного покрова и разуплотнение пород при прокладке дорог; уничтожение растительного покрова; выдувание песка из откосов дорог и трубопроводов; занесение дорожного полотна песком; переувлажнение	или пленочное покрытие), укрепление берегов плитами, уплотнением или растительностью; уплотнение пород основания дорог; укрепление дорог вяжущими веществами; прокладка дорог и трубопроводов вдоль форм рельефа (песчаного); создание суффозионной диафрагмы (гидроизоляция) в основании дорог; вылаживание откосов и расширение бERM; прокладка дорог по песчаным гребням без нарушения естественного покрова; подьем насыпей (для предотвращения от динамических

Продолжение табл. 23.1

Вид строительства	Тип сооружений	Элементы сооружений	Особенности технологии		Изменение технико-экономических сред	Загрязнение и антропогенные геологические процессы	Мероприятия по управлению (регулированию) антропогенными геологическими средами
			строительств	эксплуатации			
			железнодорожным транспортом, трубопроводами, транспортными канатными дорогами; сброс и хранение отходов (хвостов) на хранилищах и гидротехнических сооружениях; очистка промышленных вод в очистных сооружениях; водопользование в работах строительства			суриных складов; прорывы подземных вод в подземные выработки; разжижение пород (песчаных) в выработках при снятии напряжений; набухание и усадка глинистых пород; деформация полостей из бортов карьеров и прилегающих склонах при снятии упора; выдавливание пород в выработки при снятии напряжений; развитие суффозии и карстовых процессов при выщелачивании пород; развитие	ровинная отработка месторождения с использованием горизонтальной штормовой под карьером; дренаж (снятие напоров) отвалов; рекультивация отработанных земель

рение и химические изменения состава и свойств пород; разрушение скважин в стенах подземного выщелачивания; падки и сели при прорывах хвостохранилищ и гидротвалов

генная нагрузка здесь максимальна. Природные условия частично или полностью преобразовываются, и формируется техногенная среда. Грунтовый и поверхностный стоки здесь значительно зарегулированы, а свойства грунтов из-за повышения их несущей способности искусственно изменены. Высокая нагрузка от сооружений приводит к проседанию и развитию многочисленных деформаций поверхности земли, формированию провалов, обрушений и оползней. Практически во всех городах наблюдается подтопление, вызванное большими объемами водопотребления, изменением естественных путей движением грунтовых вод, несовершенством технологии производственных процессов и низким качеством коммунальных сетей. В районах промышленных предприятий высока степень загрязненности поверхностных и грунтовых вод.

Вдоль автомобильных и железных дорог, линий электропередач и трубопроводов изменения геологической среды связаны с разрушением верхнего слоя грунтов, развитием процессов дефляции и просадки, активизацией линейной эрозии, загрязнением грунтов и подземных вод.

В районах разработки месторождений полезных ископаемых происходит перемещение больших объемов горных пород, формируются глубокие карьеры и высокие отвалы (месторождения центральных Кызылкумов). Открытые разработки вызывают разуплотнение пород в бортах карьеров, изменение их свойств и состояния массива. Карьеры и шахты дренируют территорию, при этом снижается уровень подземных вод, что приводит к развитию выветривания и развевания пород, возникновению пыльных бурь. Изменение рельефа поверхности при открытой разработке и формирование отработанных подземных пространств вызывают обрушение откосов бортов

карьера и образование провалов над подземными выработками.

Специфические изменения геологической среды происходят при отработке месторождений методом подземного выщелачивания. Они связаны с изменением химического состава подземных вод и свойств пород. Применение при выщелачивании активных реагентов резко активизирует процессы карстобразования и суффозии. Возникновение подземных полостей наряду с изменением свойств пород разрабатываемой толщи (снижение прочности) приводят к их обрушению и формированию на поверхности локальных провальных форм.

23.3. Региональные прогнозные тенденции изменения геологической среды в связи с хозяйственным освоением территории Туранской плиты

Тенденция изменения глубины залегания и химического состава (агрессивности) подземных вод. При дальнейшем хозяйственном освоении территории Туранской плиты существенные изменения в режиме уровня и минерализации грунтовых вод могут ожидать в региональном плане — в результате развития орошения и проведения мелиоративных мероприятий, в локальном — при строительстве новых городов, увеличении подачи воды в существующие города, строительстве водохранилищ и подпорных сооружений на реках. В ближайшей перспективе увеличение орошаемых площадей планируется в зоне Каракумского канала (Предкопетдагская подгорная равнина), Каршинской степи, Бухаро-Каракульском оазисе, низовьях Амударьи и т. д. Однако в связи с решением правительства «О мерах по коренному улучшению экологической и санитарной обстановки в районе Аральского моря, повышению эффективности использования и усилению охраны водных и земельных ресурсов» (№ 1110 от 19 сентября 1988 г.), которым предусматривается осуществить меры по строжайшей экономии водных ресурсов в бассейне Аральского моря, возможные приросты площадей нового орошения будут весьма ограниченными. Таким образом, в ближайшей перспективе следует ожидать сокращения водоподачи на уже освоенные земли и смены пустынного водного режима на оросительный на площадях нового орошения. Изменения водного режима освоенных и осваиваемых территорий должны отразиться и на формировании основных тенденций в изменении уровня и минерализации грунтовых вод. Можно ожидать, что проведение водосберегающих мероприятий на освоенных площадях вызовет некоторое снижение максимальных в году уровней грунтовых вод, но средняя глубина залегания останется прежней.

Минерализация грунтовых вод на преобладающих в регионе орошаемых массивах со слабой естественной дренированностью большей частью повысится, причем химический состав существенно не изменится, за исключением того, что может уменьшиться содер-

жание гидрокарбонатов. Рост минерализации будет зависеть от многих местных факторов и, в первую очередь, от исходной минерализации и искусственной дренированности. Для территорий, где минерализация грунтовых вод составляет 1—3 г/л, она может повыситься до 3—5 г/л, при этом агрессивность возрастет (содержание сульфат-иона более 800 мг/л).

На площадях нового орошения с глубиной залегания грунтовых вод 10—15 м и более в результате резкого усиления питания при орошении УГВ будет повышаться до положения, определяемого условиями оттока.

Под орошение намечаются площади аллювиально-дельтовых равнин и периферии конусов выноса, где условия оттока грунтовых вод весьма затруднены. Поэтому здесь в течение ряда лет будут последовательно повышаться средние годовые УГВ, пока не будет достигнута «критическая» глубина (2—3 м), при которой начинается интенсивное испарение грунтовых вод и вступает в действие система искусственного дренажа. Опыт орошения аналогичных по гидрогеологическим условиям территорий (дельты Кашкадарьи, Теджена, Мургаба, Амударьи) показывает, что среднегодовое повышение УГВ следует ожидать порядка 1 м. Характерная для рассматриваемых районов высокая исходная минерализация грунтовых вод (10—15 г/л и более) в период подъема УГВ будет последовательно уменьшаться до 5—10 г/л. При достижении «критической» глубины УГВ дальнейшие изменения минерализации и агрессивности воды будут зависеть от системы мелноративных мероприятий.

Условия обеспеченного оттока грунтовых вод на площадях нового орошения могут быть созданы в привершинных частях конусов выноса, в частности на Предкопетдагской подгорной равнине, при машинной подаче воды из Каракумского канала. Здесь подъем УГВ будет ограничен усилением оттока их к периферии конуса и не достигнет «критической» глубины. На периферии конуса выноса усиление притока подземных вод, не имеющих регионального стока, вызовет заболачивание зоны разгрузки водами с высокой сульфатной агрессивностью, если своевременно не будут приняты меры по строительству систем вертикального дренажа или интенсивной эксплуатации пресных подземных вод выше зоны их разгрузки. В ашхабадской группе конусов выноса, где водозаборы действовали еще до орошения, сначала произошло прогрессирующее снижение УГВ (отбор превышал естественные ресурсы), а после начала орошения — восстановление и стабилизация уровня в пределах депрессионной воронки. Повышение УГВ на площади нового орошения будет сопровождаться его региональным повышением на соседних неорошаемых территориях под влиянием гидродинамического давления, развивающегося в водоносном комплексе, подземном стока с орошаемой площади и поступления отработанных поливных вод и дренажного стока. Это влияние с затухающей по мере удаления амплитудой постепенно распространится на большое расстояние. Так, установлено, что северная граница зоны влияния мелиоратив-

ной системы Каракумского канала проходит в 100—150 км от его трассы, а общая площадь изменения гидрогеологических условий достигла 76,2 тыс. км², что примерно в 15 раз больше площади орошения. Весьма высокие минерализация и агрессивность грунтовых вод на этих площадях еще больше возрастают.

Прогноз суммарной просадки лёссовых пород. Лёссовые породы различного возраста и генезиса широко распространены, они обрамляют горные сооружения Средней Азии и участвуют в строении аллювиальных и аллювиально-дельтовых равнин Туранской плиты.

В зависимости от геоморфологических и климатических условий, особенностей литологического состава, степени хозяйственного воздействия человека и мощности просадочной толщи лёссовые породы характеризуются широким диапазоном значений показателей просадочных свойств и возможных суммарных просадок.

Наиболее древние просадочные лёссы (ранне-среднеплейстоценовые) развиты фрагментарно в приподнятой зоне предгорий Копетдага. При средней относительной просадочности 2,6 % и мощности просадочного слоя до 7 м их просадка достигает 0,3 м.

Значительную площадь предгорий занимают пролювиальные и аллювиально-пролювиальные лёссовые породы среднего плейстоцена, обладающие максимальной просадочностью по сравнению с другими генерациями (рис. 23.1). Они представлены как лёссовидными разностями, так и типичными лёссами. Первые (лёссовидные супеси и суглинки) развиты вблизи гор, где слагают верхние части среднеплейстоценовых конусов выноса. Слоистость лёссовых пород, наличие линз и прослоев грубообломочного материала, различная высотная приуроченность, обуславливающая степень увлажнения, определяют изменение просадочности грунтов по площади и в разрезе. Характерно переслаивание непросадочных пород с горизонтированными, отличающимися высокими значениями относительной просадочности (табл. 23.2). Мощность просадочной толщи колеблется от 5 до 30 м. Прогнозные просадки изменяются от 0,05 до 0,5 м и приближаются к 1 м в наиболее мощных толщах.

По мере удаления от гор лёссовидные породы замещаются однородными лёссами с двумя-тремя горизонтами погребенных почв. Лёссы образуют обширные покровы вдоль юго-западного окончания Каратау, Чаткало-Кураминской и Зеравшано-Гиссарской систем хребтов. Здесь они развиты в Причирчикском и Приташкентском районах, а также в Каршинской степи, где в них вложены более молодые террасированные долины Бугуни, Арыси, Келеса, Ангрена, Кашкадарьи и их притоков. Подстилаются они чаще всего плотными лёссовидными породами, каменным лёссом («шохом») или плиоценовыми отложениями. Мощность лёссов в большинстве случаев составляет 15—35 м и более. При этом вся толща обладает просадочностью, о чем свидетельствуют высокие значения относительной просадочности, так, на глубине 33 м зафиксировано значение 6,9 % (Кокаральский массив), на глубине 30—11 % (Каршинская степь), на глубине 20—16,4 % (левобережье Чирчика). В среднем относительная просадочность лёссов обычно изменяется

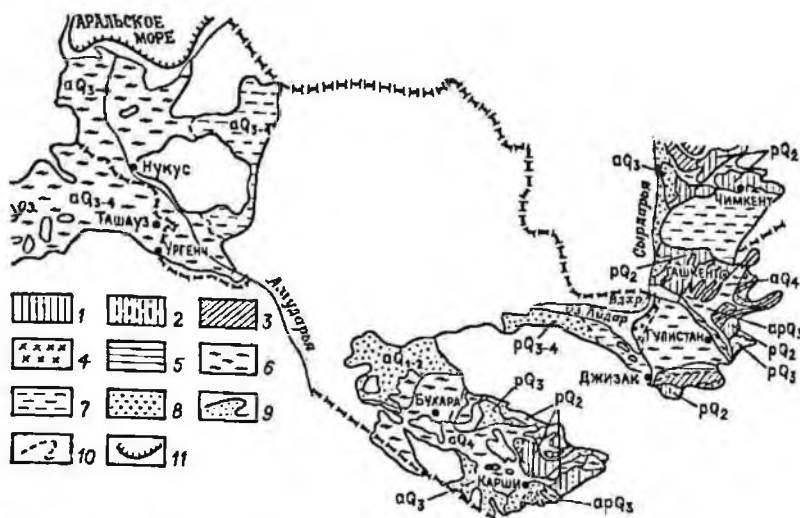


Рис. 23.1. Схема распространения и просадочность лёссовых пород в пределах Узбекской ССР и прилегающих районов (составлена по материалам Г. А. Мавлянова, С. М. Касымова, К. П. Пулатова, М. Ш. Шерматова и др.):

1—6 прогнозные величины просадок, мощность просадочной толщи, тип грунтовых условий по просадочности (1—просадка 0,15—1 м и более, мощность 10 м, тип II, 2—просадка 0,05—0,5 м, реже до 1 м, мощность 5—10 м, тип II, реже I, 3—просадка 0,05—0,3 м, мощность 10 м, тип II, реже I, 4—просадка 0—0,15 м, мощность 5—10 м, тип I, реже II и непросадочные, 5—просадка 0,05 м, мощность 5 м, тип I, непросадочные, 6—просадка менее 0,05 м, мощность 5 м, непросадочные, реже тип I); 7, 8—лёссовые породы прерывистого и островного распространения (7—просадка 0,1 м, мощность 5 м, тип I, реже непросадочные, 8—просадка 0,05 м, мощность 3 м, непросадочные, реже тип I); 9—11—границы (9—стратиграфо-генетических типов, 10—поряд с различной величиной просадки, 11—приблизительная современной акватории Аральского моря). Стратиграфо-генетические типы лёссовых пород: аQ₁—аллювиальный голоценовый; аQ₂₋₄—аллювиальный позднелепестово-голоценовый; аQ₃—аллювиальный позднелепестово-голоценовый; аQ₄—аллювиально-пролювиальный позднелепестово-голоценовый; аQ₅—пролювиальный позднелепестово-голоценовый; аQ₆₋₁₁—аллювиальный ранне-среднелепестово-голоценовый

от 0,3 до 4,7 % при значительном разбросе экстремальных значений (см. табл. 23.2). В разрезе встречаются горизонты непросадочных и слабопросадочных лёссовидных пород, приуроченных чаще всего к погребенным почвам. Это обуславливает циклический характер изменения просадочности с глубиной с максимумом под современной и ископаемыми почвами. Возможные величины просадок в лёссах мощностью 20—25 м и более с хорошо выраженным «мертвым горизонтом» превышают 1 м.

Расчлененность лёссовых покровов эрозионными процессами способствует дифференциации толщ по степени просадочности и мощности просадочного слоя. Величина просадки уменьшается от высоких элементов рельефа к низким, что подтверждается снижением ее на склонах водоразделов, участках размыва верхних просадочных горизонтов и территориях, интенсивно расчлененных долинно-балочными понижениями. Ожидаемые просадки при этом

Присадочность лёссовых пород в пределах Узбекской ССР

Генезис и возраст пород	Относительная присадочность, %	Мощность присадочной толщи, м	Тип грунтовых условий и присадочности
1	2	3	4
<i>Неорошаемые территории</i>			
pQ_2	$\frac{0,5-16,4}{4,7 (761)}$	15—35 и более	II
pQ_3	$\frac{0,1-8,9}{2,1 (103)}$	5—30 и более	II
pQ_{3-4}	$\frac{0,1-4,1}{1,7 (64)}$	5—15	II, реже I
$арQ_3$	$\frac{0,1-5,0}{0,9 (104)}$	5—15	I, реже II
$аQ_3$	$\frac{0,1-1,8}{0,6 (18)}$	5—10	I, реже II
$аQ_{3-4}$	$\frac{0-2,8}{0,4 (258)}$	<5	Неприсадочные, реже I
<i>Орошаемые территории</i>			
pQ_2	$\frac{0,1-4,5}{1,0 (177)}$	5—25 и более	II—I
pQ_3	$\frac{0,1-1,7}{0,3 (17)}$	5	I и неприсадочные
$арQ_3$	$\frac{0,1-2,8}{0,4 (102)}$	<5	I и неприсадочные

Примечание. В графе 2 в числителе приведены предельные значения, в знаменателе — средние, в скобках — число определений.

уменьшаются до 1—0,3 м и менее (рис. 23.2). Значительной присадочностью обладают пролювиальные (делювиально-пролювиальные) лёссовые породы среднелейстоценового возраста, слагающие предгорные равнины Киргизского хребта. По данным М. А. Мусинова, в районе г. Мерке коэффициент относительной присадочности изменяется от 0,005 до 0,098, а суммарная прогнозная просадка достигает 0,5 м. Как отмечает А. А. Беркалнев, еще большие величины (0,4—1,5 м) характерны для правобережья Курагаты.

Аллювиально-пролювиальные лёссовые породы, образующие всхолмленные массивы на левобережье Чу (Чуйская впадина) в районе Нижне-Алаарчинского водохранилища, характеризуются широким диапазоном (0,03—2,64 м) величин просадок при природном давлении, а мощность присадочной толщи может достигать 40 м. Аллювиально-пролювиальный генезис имеет и более молодая

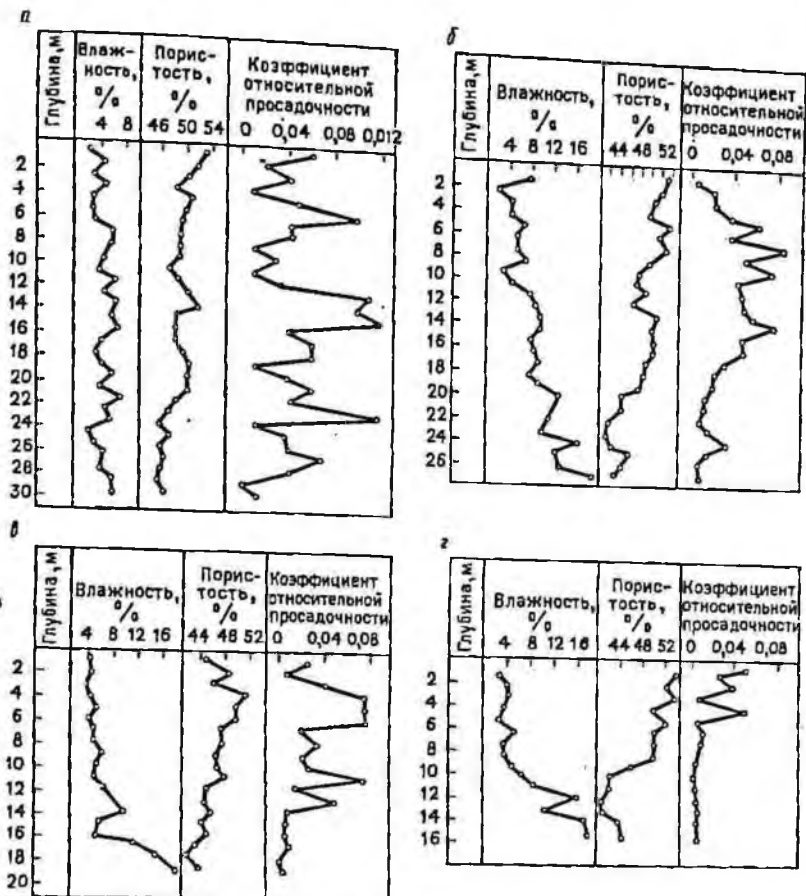


Рис. 23.2. Изменение прорадачности среднеплейстоценовых пролювиальных лёссовых пород с глубиной в зависимости от положения в рельефе (правобережье Кашкадарьи):

а — водораздел расчлененной равнины, мощность прорадачной толщи более 30 м, суммарная ожидаемая прорада более 1,4 м; б — склон, мощность прорадачной толщи 25 м, ожидаемая прорада 0,88 м; в — слабоволнистая равнина, мощность прорадачной толщи 17 м, ожидаемая прорада 0,52 м; г — дно ложины, мощность прорадачной толщи 8 м, ожидаемая прорада 0,21 м

генерация лёссовых пород среднеплейстоценового возраста, слагающая верхнюю часть четвертой надпойменной террасы речных долин. Исследования М. Т. Адикова показали, что в Причиркентском районе в пределах Бадам-Сайрамской речной системы мощность лёссовых пород в зависимости от рельефа изменяется от 8 до 36 м, при этом до глубины 16 м чередуются лёссы с лёссовидными породами. Относительная прорадачность в среднем составляет 3,9%, а суммарные величины прорадок варьируют от 2 до 80 см.

Пролувнальные и аллювиально-пролювиальные лёссовидные породы позднелейстоценового возраста значительно распространены по площади и участвуют в строении подгорных равнин, образованных системой слившихся конусов выноса постоянных и временных водотоков, располагающихся гипсометрически ниже среднеплейстоценовых. Подобные равнины развиты вдоль Киргизского хребта, большей части Каратау, Нурата-Туркестанских гор, юго-западных отрогов Гиссара и Копетдага. В большинстве случаев мощность лёссовых пород возрастает к периферии конусов выноса и шлейфов от первых до 20 м и более. Слонистые лёссовидные суглинки и супеси, слагающие верхнюю часть разреза, содержат линзы и прослои гравийно-галечного и песчаного материала, содержание которого закономерно уменьшается с удалением от области сноса.

Пролувнальные лёссовые породы с величиной просадки 0,05—0,15, реже до 0,3, развиты в Дальверзинской и южной части Голодной степи, местами вдоль западных склонов Чаткальского и Кураминского хребтов, а также в бассейне Кашкадарьи. Очень слабо просадочны и непросадочны пролувиальные отложения, обрамляющие предгорья Зирабулак-Знаэтинских гор. На северной предгорной равнине Туратинского хребта лёссовые породы распространены прерывисто. Просадочные лёссовидные супеси, суглинки, реже пылеватые пески развиты в восточной части территории, где суммарная просадка не превышает 0,1 м. Аллювиально-пролювиальные лёссовые породы, несмотря на широкий диапазон значений относительной просадочности (см. табл. 23.2), имеют небольшие прогнозные величины просадки (менее 0,15 м). По данным Ш. Э. Усупаева и А. В. Минервина, значительной просадочностью обладают аллювиально-пролювиальные породы позднелейстоценового возраста (беловодский комплекс), развитые в Чуйской впадине. Относительная просадочность 18—20-метровой толщи изменяется от 0 до 6 % [12]. Суммарная просадка может достигать 0,5 м.

Пролувнальные лёссовые породы позднелейстоценового и голоценового возраста развиты на предгорной равнине Копетдага. Средние величины относительной просадочности составляют здесь 0,012—0,02. Максимальные мощности просадочной толщи (до 25 м) характерны для средней полосы равнины, где суммарные просадки достигают 0,5 м и более. К северу и по периферии с уменьшением мощности ожидаемая просадка понижается до 0,15 м и у кромок песков не превышает 0,05 м. Лёссовые породы Восточного Копетдага имеют невысокую просадочность — прогнозная просадка составляет 0—0,15 м. В западном направлении просадочность возрастает.

В долинах рек Талас, Арысь, Чирчик, Ангрен, Кашкадарья, Сырдарья и Амударья лёссовые породы мощностью от 2 до 30 м слагают верхнюю часть разреза третьей (местами второй) надпойменной террасы. В разрезе встречаются прослои галечника и песка. В большинстве случаев аллювиальные породы могут незначительно уплотняться при замачивании под природным давлением. Коэффици-

циент относительной просадочности редко превышает 0,01, ожидаемая просадка составляет менее 0,1 м. На локальных участках в долинах Чирчика, Ангрена и Таласа величина просадки возрастает до 0,15 м, что связано с увеличением мощности зоны аэрации.

Лёссовые породы, слагающие молодые дельты рек Амударьи, Сырдарьи, Теджена и Мургаба имеют незначительную просадочность. По данным О. Г. Гунешена, в дельте Мургаба (район г. Мары) относительная просадочность составляет 1,1—1,6 %. Мощность просадочной толщи здесь небольшая, суммарная просадка не превышает 0,15 м. Лёссовые породы в Акчадарьинской дельте распространены прерывисто. Относительная просадочность здесь достигает 1,7 %, а суммарная просадка составляет 0—10 см. В молодых дельтах Сырдарьи, Амударьи и Теджена развиты непросадочные лёссовые породы; локальная просадка здесь достигает 0,05 м. Аналогичные условия характерны для голоценовых лёссовых пород, слагающих верхние части современных террас.

Активное хозяйственное освоение территорий, сложенных лёссовыми породами, сопровождается искусственным увлажнением и ведет к уменьшению или полной ликвидации просадочности при природном давлении. Последнее обычно отмечается в слабодренированных районах при подъеме УГВ. Частично просадочность проявляется на орошаемых площадях, сложенных лёссовыми толщами значительной мощности (более 15 м) при обеспеченном оттоке подземных вод. Здесь под просевшими в той или иной степени грунтами могут залегать более просадочные породы. Так, орошение лёссовых массивов в пределах Чирчик-Келесского водораздела вызвало подъем УГВ до 10 м и менее. Породы в зоне аэрации отличаются повышенной влажностью (12—22 %), небольшой относительной просадочностью (редко более 1 %) и малыми величинами ожидаемых просадок (до 0,15 м). При мощности зоны аэрации до 30 м наблюдается относительно равномерное распределение значений влажности в разрезе, а до глубины 15—17 м она изменяется в пределах 11—14 %. Глубже, в зависимости от близости грунтовых вод, влажность может уменьшиться до 6—9 % или резко возрасти. Коэффициент относительной просадочности на глубине более 17 м чаще всего составляет 0,01—0,04, а суммарная просадка—0,3—0,5 м и более. Такие условия присущи орошаемым водоразделам и верхним частям склонов.

Территории с частично проявленной просадочностью лёссовых пород среднеплейстоценового возраста распространены также в нижнем течении Ангрена (Пскентский и Тойтубинский лёссовые массивы), предгорьях Кураминского хребта (Кокаральский массив). На левобережье Кашкадарьи породы местами практически утратили просадочные свойства в результате орошения и подъема УГВ.

К верхнеплейстоценовым равнинам приурочены главные районы орошаемого земледелия, где просадка лёссовых пород практически прекратилась. Характерным примером может служить Голодная степь, где в результате орошения и подъема УГВ лёссовые породы,

слабкие обширные территории и обладавшие некогда значительной просадочностью, ныне полностью утратили это свойство.

Следует отметить, что лёссовые породы способны в той или иной мере к просадочным деформациям под действием дополнительных нагрузок. При этом степень деформируемости, как и относительная просадочность, уменьшается с изменением возраста от среднеплейстоценового до более молодого и генезиса — от пролювиального до аллювиального. Интенсивность просадочных деформаций зависит от способа увлажнения лёссовых пород. Наиболее интенсивные просадочные явления отмечались на Арысь-Туркестанском, Северо- и Южно-Ташкентском каналах; а также на ряде оросителей в Голодной и Каршинской степях. Они приводят к формированию вдоль каналов террасированных поверхностей, разделенных зияющими трещинами. Ширина просевшей зоны нередко превышает 100 м. Максимальные опускания поверхности земли достигли 3 м на Северо-Ташкентском канале и 2 м на Южно-Ташкентском. Менее значительные просадочные деформации происходят при орошении и подъеме УГВ. По наблюдениям П. М. Карпова, в Голодной степи относительная просадочность лёссовых пород при подъеме УГВ примерно на 50 % ниже, чем при замачивании сверху, т. е. проявление просадок в первом случае значительно меньше. Вместе с тем результаты стационарных наблюдений в западной части Голодной степи [13] свидетельствуют о хорошей сходимости прогнозных и фактических величин просадки, связанной с орошением и подъемом УГВ. При орошении лёссовых толщ значительной мощности (15—20 м и более) в условиях стабильного положения уровня подземных вод просадочные деформации развиваются медленно и приводят к образованию просадочных блюдц и провалыных воронок, нарушающих планировку полей. Нивелирование поверхностных реперов на опытных участках Кокаральской степи, сложенных сильно просадочными (более 1,5 м) лёссами, показало, что за 5 лет на орошаемом поле просадка составила 7,5—18,5 см, а в зоне действия оросителя за два вегетационных периода — до 41 см (Т. А. Расулев, Е. Л. Девяткин и др.). При орошении мощных лёссовых толщ просадка нередко происходит лишь частично, поскольку повышенная влажность пород способствует уменьшению и даже ликвидации просадочности.

Прогноз экзогенных геологических процессов. Региональные прогнозные тенденции развития экзогенных геологических процессов в ближайшие 10 лет будут в первую очередь связаны с обмелением Аральского моря. Понижение регионального базиса эрозии способствует развитию процессов вверх по течению вдоль дельт Амударьи и Сырдарьи. Увеличатся масштабы и интенсивность процессов опустынивания, подтопления и засоления.

Опустынивание — наиболее интенсивно развивающийся процесс, сопровождающийся формированием солончковых пустынь, такыров и перемещением песков. Сравнительное дешифрирование по космическим и аэрофотоснимкам за период 1968—1986 гг. показало изменение ландшафта на 80—90 % площади в дельтах рек.

В 1968 г. площадь заболоченных участков с мелкими озерами на современной дельтовой равнине Амударьи составляла более 6 тыс. км², а в 1986 г. 4,2 тыс. км² занимали образовавшиеся здесь солончаковые пустыни, 1 тыс. км² — такыры — участки, периодически заливаемые водой. В дельте Сырдарьи в 1968 г. площадь заболоченных участков составляла 1,6 тыс. км², в настоящее время она уменьшилась почти в 2 раза. Прогрессирующее обмеление Аральского моря ведет к увеличению минерализации воды моря в среднем до 35—40 г/л и до 70—80 г/л в мелководных заливах. На процесс соленакопления приток грунтовых вод в котловину Аральского моря (40 м³/сут на 1 км) влияет незначительно, что объясняется низкими значениями напорных градиентов потока (0,001) и водопроводимости (10—15 м²/сут), а также высокой испаряемостью. Процесс соленакопления и как следствие этого вынос солей усиливаются во времени несмотря на некоторое увеличение в 1987—1988 гг. поверхностного стока и снижение темпов падения уровня Аральского моря с 0,7—1 м в первой половине 1980-х гг. до 0,4—0,5 м в 1988 г.

На обмелевшемся дне моря и аллювиально-дельтовых равнинах усилился процесс дефляции. В результате площадь песков в 1986 г. по сравнению с 1968 г. увеличилась более чем на 3 тыс. км².

Уровень воды в Аральском море продолжает понижаться, следовательно, процессы соленакопления, такырообразования и дефляции песков на участках осушенного морского дна будут развиваться. В связи с увеличением в 1987 и 1988 гг. речного стока в дельтах Амударьи и Сырдарьи процесс опустынивания замедлился.

Подтопление грунтовыми водами распространено на всех крупных орошаемых массивах, где недостаточная дренированность (менее 1,5 тыс. м³/га) не обеспечивает подземный отток при искусственном питании грунтовых вод и заполнение ими зоны аэрации до уровня, при котором усиленное питание сможет компенсироваться испарением и транспирацией (1—3 м). Процесс подтопления распространен в области аккумулятивных низменных равнин, нижнем и среднем течении Амударьи и Сырдарьи.

Процесс подтопления усилился в связи со строительством ирригационных сооружений, эксплуатация которых за последние 25—30 лет позволила увеличить площади орошения более чем на 1,2 млн. га и улучшить водообеспеченность ранее орошаемых земель. Подъем УГВ привел к вторичному засолению почв, поэтому основными мелиоративными мероприятиями здесь являются промывка и строительство коллекторно-дренажной сети.

В староорошаемых оазисах применяется в основном открытый горизонтальный дренаж глубиной 2,5—3 м. Рекомендуется плотность дренажа 30—40 м/га, но фактически преобладают значения 15—30 м/га. Дренажный сток по отношению к водоподаче составляет не более 20 %. На коренную мелиорацию действующая система промывок на фоне горизонтального дренажа не рассчитана. Уровень грунтовых вод на дренируемых территориях остается

весьма высоким (1,5—2 м в оросительный период), поэтому и засоленность почв снижается промывками (обычно зимой и в начале весны) до допустимых пределов токсичности лишь временно (на один-два года), а затем восстанавливается под влиянием интенсивного испарения. Общее снижение засоленности в оазисах, если и происходит, то очень медленно (на протяжении десятков лет) и неустойчиво, поскольку зависит и от оросительных норм (при достаточной дренажированности рассоление усиливается при повышенных оросительных нормах). В оазисах в настоящее время распространены слабо- и средnezасоленные почвы. Грунтовые воды имеют минерализацию 2—10 г/л с преобладанием сульфатов и хлоридов натрия и магния.

23.4. Основные проблемы рационального использования и охраны окружающей среды

В рассматриваемом регионе наиболее острые и трудные проблемы по охране окружающей среды возникли в результате интенсивного освоения природных ресурсов и особенно водных. В бассейне Аральского моря оно производилось без прогнозирования экологических и социальных последствий. Отметим следующие наиболее крупные проблемы рационального использования и охраны окружающей среды.

Проблема коренного улучшения экологической и санитарной обстановки в районе Аральского моря. Проблема приобрела настолько большое значение, что для ее решения было принято специальное постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О мерах по коренному улучшению экологической и санитарной обстановки в районе Аральского моря, повышению эффективности использования и усилению охраны водных и земельных ресурсов в его бассейне». В постановлении отмечается, что в последние годы резко сократился сток Амударьи и Сырдарьи в Аральское море в связи с ростом объемов безвозвратного использования воды на орошение. Уровень моря упал на 13 м, а площадь акватории уменьшилась по сравнению с 1960 г. на треть. Море полностью утратило свое рыбохозяйственное значение. Недопустимо ухудшилось качество речных вод в нижнем течении Амударьи и Сырдарьи, они стали малоприспособленными для питьевого водоснабжения. Происходят интенсивное иссушение и засоление земель в дельтах этих рек, глубокая деградация экологических систем, изменение климата в районе Аральского моря и на прилегающих к нему территориях. Постановлением предусмотрено осуществить в 1988—2000 гг. комплекс мероприятий по оздоровлению природной среды, снабжению питьевой водой, строжайшей экономии водных ресурсов в бассейне Аральского моря, улучшению гидрологического режима и экологического состояния моря и прилегающих к нему территорий, восстановлению растительного и животного мира.

Для обводнения Приаралья и прекращения антропогенного опу-

стынивания предполагается собрать правобережным и левобережным коллекторами вдоль Амударьи 8,7 км³ коллекторно-дренажных вод, включая современные сбросы в среднем и нижнем течении реки, а также большую часть вод, поступающих ныне в Сарыкамышскую впадину. Кроме того, следует обеспечить подачу в дельты рек 5,1 км³ пресных вод за счет строгого соблюдения санитарных пропусков. Эти воды с учетом нерегулируемых излишков стока позволят восстановить дельту с ее лиманным орошением, отгонным животноводством и озерно-товарным рыбоводством. Наряду с этим, в природоохранные мероприятия включено создание в зоне осушенного берега моря дамбы длиной 190 км, под защитой которой будет восстановлена акватория в виде польдерной системы площадью более 200 тыс. га. Эта «кавандельта» позволит восстановить здесь фауну и флору, поднять УГВ, развить рыбоводство. Но главная ее задача — предотвратить соле- и пылеперенос с осушенного дна моря. Для укрепления осушающегося дна предлагается использование современных методов фитомелиорации.

Проблема мелиоративного оздоровления орошаемых земель и городских территорий. Эта проблема заключается, прежде всего, в прекращении вторичного засоления почв в орошаемых районах и осушении подтопляемых городских территорий.

Борьба с процессами вторичного засоления почв проводится уже в течение многих лет. Среди осуществляемых мероприятий основное развитие получило строительство горизонтального дренажа (в основном открытого) с целью интенсифицировать сток грунтовых вод и создать условия для опреснения их при сохранении лугового режима почв. К настоящему времени в оазисах Туранской плиты построен горизонтальный дренаж общей протяженностью около 40 тыс. км, что несколько ослабило процесс засоления почв и позволило повысить урожайность полей, но в целом проблема остается пока не решенной; до рекомендуемой средней протяженности 50—60 м/га горизонтальный дренаж доведен лишь на отдельных новых массивах, преобладающая густота дрен составляет 15—30 м/га. Строительство других типов дренажа (вертикального и комбинированного) весьма ограничено и не выходит за рамки отдельных массивов.

Другое важное мероприятие в программе борьбы с засолением почв — уменьшение потерь на фильтрацию за счет создания бетонных и полимерных облицовок каналов, но реализовано оно пока лишь на новых массивах орошения. В более широких масштабах комплексная реконструкция оросительных систем, строительство и переустройство коллекторно-дренажной сети включены в план 1988—2000 гг.

Большинство городов Туранской плиты (в том числе все областные и районные центры) испытывают подтопление, связанное с высоким положением УГВ в окружающих оазисах, а также с фильтрационными потерями из внутригородских оросительных каналов. Во многих городах введены в эксплуатацию системы вертикального дренажа, однако осушительный эффект от их работы оказался низ-

ким, так как производительность этих систем значительно меньше расчетной. Объясняется это недостаточным вниманием строителей к качеству водоприемных частей дренажных скважин, сооружаемых в мелко- и тонкозернистых породах.

Проблемы освоения пустынь. На территории Туранской плиты пустыни и полупустыни занимают около 250 млн. га. Ландшафт пустынь отличается большим разнообразием. На инженерно-геологические условия освоения пустынь влияют геологическое и геоморфологическое строение, расчлененность рельефа, глубина залегания и качество грунтовых вод, климат.

В последние 30—35 лет в пустынных районах интенсивно разрабатываются новые источники сырья и топлива. Добыча полезных ископаемых и вовлечение в оборот новых орошаемых земель способствовали экономическому развитию отдельных районов, ряда отраслей добывающей и перерабатывающей промышленности, появлению новых городов и населенных пунктов. При освоении пустынных территорий следует учитывать не только экономический эффект, но и отрицательные последствия освоения (засоление орошаемых земель, подъем УГВ, песчаные заносы, загрязнение источников воды, воздуха и почвы, обеднение пастбищ и т. п.).

Освоение пустынь связано в основном с развитием горнодобывающей промышленности и отгонного животноводства. Разработка месторождений полезных ископаемых — одна из активных форм инженерно-хозяйственного воздействия на окружающую среду в пустынных районах. В связи с этим изучение изменений основных компонентов окружающей среды под воздействием горнодобывающей промышленности и их прогноз позволяют разработать мероприятия, предотвращающие негативные последствия техногенеза. Этот вопрос следует рассматривать в двух аспектах: влияние специфических особенностей пустынной зоны на условия строительства и эксплуатации горнорудных предприятий и роль последних в изменении окружающей среды. Температурный режим пустыни (суточные колебания до 45°C) сказывается на интенсивности процессов выветривания обнаженных пород, которое проявляется до глубины 0,8 м. Постоянные ветры, дующие в течение 300 сут в году с максимальной скоростью до 26 м/с, способствуют накоплению песчаных фракций в откосах и образованию осыпных масс на уступах скальных пород. Кроме того, небольшое количество атмосферных осадков (до 200 мм/год) приводит к образованию серпной кислоты в результате окисления сульфидов. Выщелачивание сульфидов и других минералов вызывает появление пор и образование глинистых минералов.

При открытой разработке месторождений твердых полезных ископаемых изменяются ландшафт (образуются положительные и отрицательные формы рельефа — карьеры, хвостохранилища площадью 30 км²), инженерно-геологические свойства пород и гидрогеологические условия, развиваются различные геологические процессы. Среди компонентов геологической среды наиболее чувствительным являются гидрогеологические условия, изменяющиеся

в связи с водоотливом из горных выработок (расходы в большинстве случаев не превышают 80 л/с). В связи с этим изменяются естественный режим и химический состав подземных вод, формируются депрессионные воронки диаметром от 1,5 до 5 км. Химический состав и общая минерализация рудничных вод отличаются от вод, окружающих горные выработки.

В условиях пустынного климата при разработке месторождений происходит загрязнение воздуха, почвы и растений тяжелыми, токсичными и радиоактивными веществами, распространяющимися на большие расстояния, что обусловлено характером рельефа в сочетании с определенным ветровым режимом. При разработке нефти и газа происходит региональное изменение геологической среды: оседание поверхности, подъем уровня подземных вод вследствие закачки воды в газосодержащие структуры и т. д.

Отгонное животноводство приводит к деградации растительного покрова и животного мира, нарушению процесса почвообразования, что, естественно, приводит к уничтожению пастбищ и усиливает опустынивание территории. В отдельных районах осуществляется орошение пустынных земель, вызывающее развитие таких ниже-мерно-геологических процессов, как эрозия почвы, просадка и др.

Таким образом, главные проблемы при освоении пустынь — это изучение региональных и локальных закономерностей изменения геологической среды под воздействием работы горнорудных предприятий; предотвращение загрязнения подземных и поверхностных вод, почвы, воздуха, и растений; разработка мероприятий по регулированию состояния геологической среды при высокой антропогенной нагрузке.

1. Азизжанов А. М. Прогнозная оценка инженерно-геологических условий рудных месторождений Центральных Кызылкумов. Автореф. канд. дис. Ташкент, ГИДРОИНГЕО, 1988.
2. Бочкарев В. П. Проблемы инженерной геологии аридной зоны Казахстана. Изв. АН КазССР, сер. геол., 1985, № 3, с. 29—34.
3. Величко А. А. Природа у колеблени челоушества. Природа, 1985, № 3, с. 35—45.
4. Водные ресурсы и водный баланс озер и полохранилищ Средней Азии. М., Гидрометеоиздат, 1980, вып. 108.
5. Волков В. П., Пинхасов Б. П. Геологии и гидрогеология верхнего кайнозоя Голодной степи и Восточных Кызылкумов.— Ташкент, Фан, 1985.
6. Волкова В. С. Полинофы плиоцена и раннего плейстоцена Западной Сибири в связи с решением нижней границы антропогена.— В кн.: Стратиграфия пограничных отложений неогена и антропогена Сибири. Новосибирск, 1983, с. 54—71.
7. Газизовское землетрясение 1976 г. Инженерный анализ последствий. М., Наука, 1982.
8. Городецкий М. Е., Кесъ А. С. Прогноз изменения рельефа Приаралья в связи с перспективами его освоения. Проблемы освоения пустынь, 1986, № 3, с. 35—43.
9. Горшков С. П. Экономодинамические процессы освоенных территорий. М., Недра, 1982.
10. Зубиков В. А., Боржикова Н. П. Палеоклиматы позднего кайнозоя. Л., Гидрометеоиздат, 1983.
11. Инженерно-геологические аспекты рационального использования и охраны геологической среды. М., Наука, 1981.
12. Лёссовые породы СССР. М., Недра, 1986.
13. Мавлянов Э. В., Гадмазаров К. У., Шамуров А. С. Стационарное изучение присадки лёссовых пород в связи с орошением и достоверность прогнозов.— В кн.: Проблемы лёссовых пород в сейсмических районах: Тез. докл. Всесоюз. совещ. Ташкент, 1980, с. 18—23.
14. Мавлянов Э. В., Инамов А. Н. Крупномасштабная карта изменения геологической среды под воздействием ирригационно-мелноративного строительства.— В кн.: Изменение гидрогеологических и инженерно-геологических условий аридных территорий под влиянием водохозяйственной деятельности. Ташкент, 1986, с. 5—10 (Тр. ГИДРОИНГЕО).
15. Мавлянов Э. В., Рашидов Г. Р., Инамов А. Н. О результатах исследований изменений инженерно-геологических условий 1 очереди освоения Каршинской степи.— В кн.: Вопросы региональной гидрогеологии и инженерной геологии Средней Азии. Ташкент, 1985, с. 35—40 (Тр. ГИДРОИНГЕО).
16. Мирзажанов К. Научные основы борьбы с ветровой эрозией на орошаемых землях Узбекистана. Ташкент, Фан, 1981.
17. Морфоструктура и морфоскульптура платформенных равнин СССР и омывающих его морей. М., Наука, 1986.
18. Нургельдыев П., Аминов С., Файнберг Ф. Ф. О классификации глинистых грунтов Туркмении с учетом ГОСТ 25200—82.— В кн.: Формирование гидрогеологических и инженерно-геологических условий в зоне влияния Каракумского канала им. В. И. Ленина. Ашхабад, 1987, с. 24—32.
19. Орошение земель в Средней Азии и Казахстане. М., Колос, 1980.
20. Пинхасов Б. Н. Неоген-четвертичные отложения и новейшая тектоника Южного Приаралья. Ташкент, Фан, 1984.
21. Пулатов К. П., Каюмова Н. М., Мирсаидова М. У. Лёссовые породы Кашкадарьинской долины и прогноз их просадочности. Ташкент, Фан, 1984.

22. *Рахматов Ю. Б.* Природные условия и ландшафтное районирование Каракульской дельты р. Зеравшан и ее хозяйственное освоение. Ташкент, Фан, 1984.

23. *Рахматуллаев Х. Л.* Просадочность основных генетических и возрастных типов лёссовых пород Чирчик-Ахангаранской впадины. Ташкент, Фан, 1982.

24. *Сейсмическое районирование территории СССР.* М., Наука, 1980.

25. *Туляганов Х. Т.* Геологи — 60-летию Узбекской ССР. Узбекский геологический журнал, 1984, № 5, с. 3—6.

26. *Тураходжаев А. У.* Состав и свойства лёссовых супесей и суглинков территории Центральных Кызылкумов. — В кн.: Проблемы лёссовых пород в сейсмических районах: Тр. Всесоюз. совещ. Ташкент, 1982, с. 180—183.

27. *Тураходжаев А. У., Гафуров В. Г.* Инженерно-сейсмогеологические условия городов Центральных Кызылкумов. Ташкент, Фан, 1986.

28. *Федорович Б. А.* Динамика и закономерности рельефообразования пустыни. М., Наука, 1983.

29. *Хабибуллаев П.* Арал — неоплаченный кредит. Наука и жизнь, 1987, № 11, с. 76—80.

30. *Халмурадов М.* В зоне высокой сейсмичности. Метрострой, 1982, № 7, с. 23—25.

31. *Череденко В. П., Дарымов В. Л.* Геоморфологические основы индустриального освоения песчаных пустынь Туркменистана. Ашхабад, Илим, 1985.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Раздел III. Опыт инженерно-хозяйственного освоения территории и изменение геологической среды Западно-Сибирской плиты	3
Глава 9. Опыт хозяйственного освоения Западной Сибири	3
9.1 Этапы хозяйственного освоения Западной Сибири (А. С. Герасимова, В. Т. Трофимов)	3
9.2. Создание и функционирование градопромышленных природно-технических систем (Ю. Ф. Захаров)	6
9.3. Создание и функционирование нефтегазопромысловых и нефтегазотранспортных природно-технических систем (Ю. Ф. Захаров)	13
9.4 Дорожное строительство (В. Д. Казарновский, В. Д. Давыдов)	33
9.5. Мелнпротнвное освоение (Т. Н. Маркевич)	40
9.6. Гндротехннческое строительство (Т. Н. Маркевич)	46
Глава 10. Прогноз региональных изменений геологической среды и проблемы ее рационального использования и охраны в связи с дальнейшим народнохозяйственным освоением Западно-Сибирской плиты	52
10.1. Типизация техногенных воздействий на геологическую среду (А. С. Герасимова, Ю. Ф. Захаров, В. Т. Трофимов)	52
10.2. Характеристика изменчивости геологической среды (А. С. Герасимова, Н. Г. Москаленко)	56
10.3. Региональные прогнозные тенденции изменения геологической среды в связи с хозяйственным освоением Западно-Сибирской плиты (Ю. Б. Баду, А. С. Герасимова, С. Е. Грешнцев, Е. С. Дзеккер, С. М. Казенов, В. Г. Кудряшов, В. Ч.-У. Ли, В. Л. Невечера, С. Ю. Пармузин, Н. В. Тнхонова, В. Т. Трофимов, Н. Г. Фирсов, В. П. Чернядьев, Н. Н. Шаманова, Ю. Б. Шешнн)	66
10.4. Основные проблемы рационального использования и охраны геологической среды (В. Т. Трофимов, Ю. Ф. Захаров)	100
Список литературы	106
ЧАСТЬ ВТОРАЯ. ХАТАНГА-ПЯСИНСКАЯ ВПАДИНА	109
Введение (Н. С. Данилова)	109
Глава 11. История формирования инженерно-геологических условий (Н. С. Данилова)	110
Глава 12. Инженерно-геологическая характеристика Хатанга-Пясинской впадины (Н. С. Данилова)	113
12.1. Геологическое строение и состав пород	113
12.2. Мерзлотные условия	116
12.3. Современные геологические процессы и явления	119
12.4. Опыт строительства	120
Список литературы	122
ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ. ТУРАНСКАЯ ПЛИТА	123
Введение (В. А. Гейнц, Н. М. Хабирова, В. Н. Конечная)	123

Раздел I. Закономерности формирования инженерно-геологических условий и районирование территории Туранской плиты 128

Глава 13. История формирования инженерно-геологических условий Туранской плиты 128

- 13.1. Палеозойско-раннекайнозойские этапы развития и их влияние на современные инженерно-геологические условия (Н. М. Хабирова) . . . 128
- 13.2. Новейший (олигоцен-четвертичный) этап развития и его влияние на современные инженерно-геологические условия (Б. И. Пинхасов) . . . 133

Глава 14. Закономерности пространственных изменений инженерно-геологических условий Туранской плиты 147

- 14.1. Основные закономерности пространственного расположения и строения толщ горных пород (Б. И. Пинхасов) 147
- 14.2. Основные закономерности строения рельефа (Б. И. Пинхасов) . . . 153
- 14.3. Основные закономерности гидрогеологических условий (В. А. Гейнц) 158
- 14.4. Пространственные закономерности развития комплексов эндогенных, экзогенных и антропогенных геологических процессов и явлений (Р. А. Ниязов) 164
- 14.5. Региональные закономерности пространственного изменения инженерно-геологических условий (Б. И. Пинхасов) 171

Глава 15. Инженерно-геологическое районирование Туранской плиты (Б. И. Пинхасов) 175

- 15.1. Признаки инженерно-геологического районирования 175
- 15.2. Схема инженерно-геологического районирования 179

Раздел II. Региональное инженерно-геологическое описание Туранской плиты 181

Глава 16. Область приподнятых структурно-денудационных плато, бронированных морскими карбонатными отложениями миоцена—плиоцена, с низкотермальными сооружениями, сложенными палеозойскими и мезозойско-кайнозойскими породами 181

- 16.1. Мангышлак-Устюртская область (А. С. Бочкарев) 181
- 16.2. Мангышлакская область (А. С. Бочкарев) 186
- 16.3. Туаркыр-Красноводская область (М. Г. Дубинин) 190

Глава 17. Область приподнятых пластово-денудационных равнин и плато, сложенных континентальными верхнеплиоценовыми отложениями 193

- 17.1. Заунгузско-Кызылкумская область (Ф. Ф. Коррель, И. В. Лыкова, Б. И. Пинхасов) 194
- 17.2. Бадхыз-Карабильская область (И. В. Лыкова) 197

Глава 18. Область приподнятых пластово-денудационных и денудационных равнин и плато, сложенных морскими и континентальными мезозойско-кайнозойскими отложениями (А. С. Бочкарев) 200

- 18.1. Тургай-Чаграйская область 201
- 18.2. Джусалы-Бетпак-Далинская область 207

Глава 19. Область пластово-аккумулятивных и аккумулятивных низменных равнин, сложенных аллювиальными и аллювиально-дельтовыми четвертичными отложениями 211

- 19.1. Тургай-Приаральская область (А. С. Бочкарев) 212
- 19.2. Ново-Аральская область (Б. И. Пинхасов) 216
- 19.3. Аму-Сырдарьинская область (Н. М. Хабирова, В. Н. Коньская, ...

11. В. Лыкова)	218
19.4. Чу-Сарысувская область (А. С. Бочкарев)	220
19.5. Кишкадария-Зеравшанская область (Ф. Ф. Коррель)	233
19.6. Южно-Каракумская область (Н. В. Лыкова)	240
Глава 20. Область низких палеозойских гор и сочлененных с ними наклонных равнин, перекрытых пролювиальными четвертичными отложениями. Центральная-Кызылкумская область (Л. В. Романова, Н. М. Хабирова)	243
Глава 21. Область подгорных аккумулятивных наклонных равнин, сложенных аллювиально-пролювиальными четвертичными отложениями	249
21.1. Предкопетдагская область (Н. Нургельдиев)	250
21.2. Пречтапшанская область (Н. М. Хабирова, А. С. Бочкарев, В. Н. Кондакова, В. П. Гостен)	256
Раздел III. Опыт хозяйственного освоения и изменение геологической среды Туранской плиты	267
Глава 22. Опыт инженерно-хозяйственного освоения территории Туранской плиты	267
22.1. Этапы хозяйственного освоения Туранской плиты (В. А. Гейнц)	269
22.2. Промышленно-гражданское строительство (В. Д. Минченко, Н. Р. Таджибаева)	271
22.3. Мелиоративное строительство (В. А. Гейнц, Э. В. Мавлянов, Ф. Ф. Файнберг)	276
22.4. Плотины и водохранилища (Р. А. Ниязов, Ф. Ф. Файнберг, Ш. Х. Ходжаев)	283
22.5. Линейные сооружения (Ш. Х. Ходжаев)	289
22.6. Разработки месторождений полезных ископаемых (Мирасланов М. М.)	298
Глава 23. Прогноз региональных изменений геологической среды, проблемы ее рационального использования и охраны в связи с дальнейшим народнохозяйственным освоением Туранской плиты	303
23.1. Типизация техногенных воздействий на геологическую среду (Р. А. Ниязов, В. Д. Минченко)	304
23.2. Характеристика измененности геологической среды (В. Д. Минченко)	304
23.3. Региональные прогнозные тенденции изменения геологической среды в связи с хозяйственным освоением территории Туранской плиты (Р. А. Ниязов, В. А. Гейнц, Ф. Ф. Коррель)	316
23.4. Основные проблемы рационального использования и охраны окружающей среды (Р. А. Ниязов, В. А. Гейнц)	326
Список литературы	330

Инженерная геология СССР. Западно-Сибирская и Туран-И 62 ская плиты: В 2 кн./А. С. Герасимова, С. Б. Ершова, Ю. Ф. Захаров и др.; Редкол.: Е. М. Сергеев (гл. ред.) и др.; Под ред. В. Т. Трофимова, Ю. Ф. Захарова, А. С. Хасанова.— М.: Недра, 1990.— Кн. 2.— 334 с.: ил.
ISBN 5-247-02409-5

Описаны история формирования и современные инженерно-геологические условия молодых платформ СССР, составляющих основную площадь Срединного региона. Рассмотрены основные закономерности формирования инженерно-геологических условий регионов первого порядка, признаки инженерно-геологического районирования региона первого порядка и принята схема районирования. Дана оценка воздействия, оказываемого инженерно-хозяйственной деятельностью человека на геологическую среду.

Для научных работников — геологов, гидрогеологов, геокриологов, географов, изыскателей.

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

Герасимова Антонина Сергеевна
Ершова Софья Борисовна
Захаров Юрий Филиппович и др.

**ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ СССР
ЗАПАДНО-СИБИРСКАЯ И ТУРАНСКАЯ ПЛИТЫ**

В двух книгах

КНИГА 2

Заведующий редакцией *Л. Н. Авижанская*
Редактор издательства *О. Л. Виноградова*
Переплет художника *Б. К. Силасва*
Художественный редактор *В. В. Шутько*
Технические редакторы *С. Г. Веселкина, Г. В. Лехова*
Корректор *Г. П. Вергун*

ИБ № 8967

Сдано в набор 24.01.90. Подписано в печать 20.07.90. Т-12031. Формат 60×90^{1/16}.
Бумага типографская № 1. Гарнитура Литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 21.0.
Усл. кр.-отт. 21.6 Уч.-изд. л. 23.50. Тираж 690 экз. Заказ 91/2563—4. Цена 5 руб.

Ордена «Знак Почета» издательство «Недра», 125047 Москва,
пл. Белорусского вокзала, 3

Ленинградская картографическая фабрика ВСЕГЕИ

184

55
26