

А.2. ГЕОМОРФОЛОГО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ КАК ФАКТОРЫ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ РАЗВИТИЕ ЭКОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ И ПАРАМЕТРОВ ИРРИГАЦИОННО-ДРЕНАЖНЫХ СИСТЕМ

Географо-геоморфологические признаки бассейна Аральского моря

Пустынная зона Центральноазиатских республик является зоной древнего орошения. Во многих литературных источниках при геоморфологическом районировании территории Центральной Азии в качестве высшей таксономической единицы выделяются: Туранская равнина (А), горные страны Памир, Тянь-Шань и Туркмено-Хорасанская горная страна.

В свою очередь, каждая таксономическая единица состоит из различных провинций с соответствующим генезисом отложений, литологическим строением, рельефом местности и др. показателями.

По климатическим признакам, с учетом геоморфологических особенностей, в пределах Центральной Азии выделяется 2 крупные эколого-ландшафтные зоны: пустынная низменность и подгорная равнина. Геоморфологические структуры, включающие в себя формирование рельефа и литологическое строение, представляет собой строго индивидуальный комплекс природных условий, определяет значение уклонов поверхности земли и дренированность территории и, тем самым, значения поверхностного и подземного стоков и направленность эколого-мелиоративных процессов при развитии орошения.

По геоморфолого-литологическим признакам на территории бассейна Аральского моря выделяются 7 крупно-ландшафтно-географо-геоморфологических областей, которые по гидрогеологическим и почвенно-мелиоративным условиям разделяются на многочисленные районы, подрайоны и участки (рис.А.2.1 и рис.А.2.2).

По географо-геоморфологическим признакам в пределах пустынной низменности выделены 4 района, а предгорной равнины - 3. В пустынной низменности к ним относятся:

- 1) речные террасы (средние и нижние), слабо-дренированные в естественных условиях;
- 2) аллювиальные равнины, замкнутые котловины, не имеющие оттока грунтовых вод;
- 3) дельты приморские - бессточные;
- 4) дельты сухие мелких и средних рек.

К подгорным равнинам:

- 1) речные террасы рек верхнего и среднего течения, подгорные равнины, хорошо дренированные в естественных условиях;
- 2) волнистые подгорные равнины, дренированные в естественных условиях;
- 3) конуса выноса, верхняя часть которых хорошо дренирована, а нижняя не имеет оттока грунтовых вод.

Географо-геоморфологические структуры горных, предгорных, подгорных волнистых равнин, верхних и средних речных террас и верхней и средней части конусов-выноса, относятся к разряду автоморфных почв с глубоким залеганием грунтовых вод с хорошей естественной дренированностью и при всех возможных

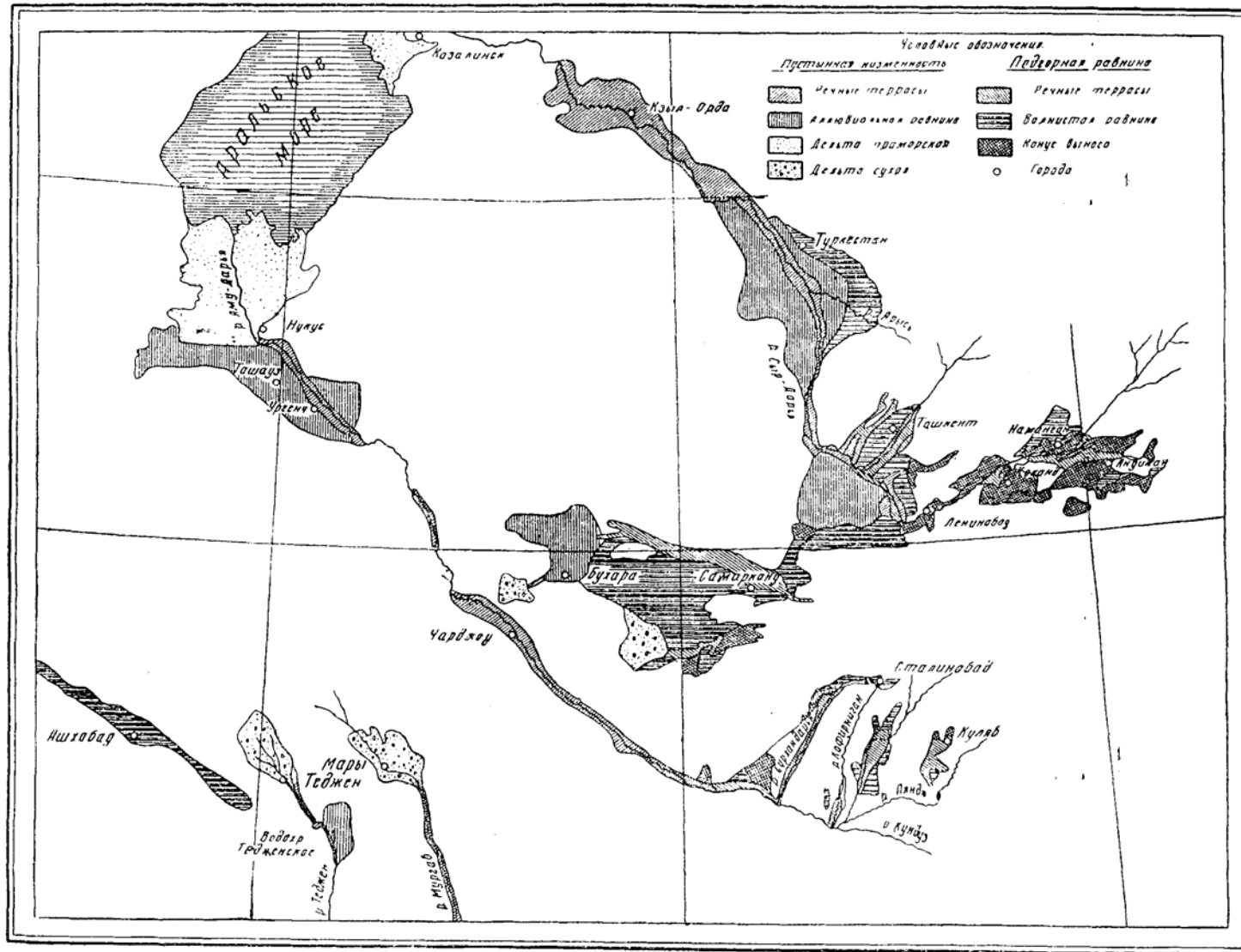


Рис. А.2.1. Схема ландшафтного районирования Средней Азии

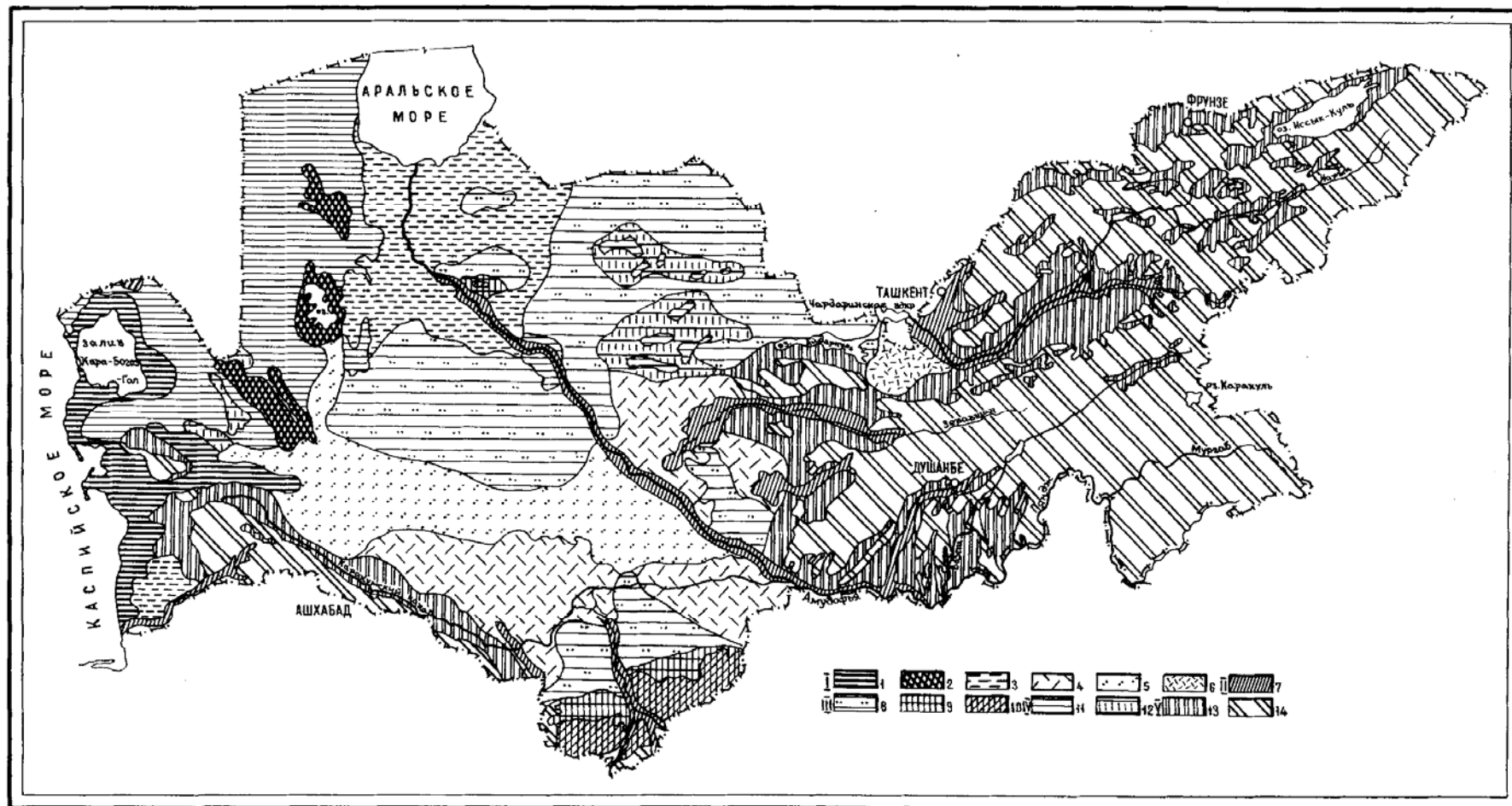


Рис. А.2.2. Геоморфологические провинции и генезис отложений водоносных горизонтов (по Гидрогеологической карте Средней Азии, В/О Союзводпроект, 1990).

I. Низкие аккумулятивные равнины; отложения водоносных горизонтов: 1 - морские; 2 - озерные; 3 - дельтовые аллювиально-морские; 4 - субэриально-дельтовые; 5 - древнеаллювиальные; 6 - аллювиально-пролювиальные.

II. Аккумулятивные террасы в долинах современных рек; отложения: 7 - современные аллювиальные. III. Высокие денудационно-аккумулятивные равнины; отложения: 8 - эолово-делювиальные, 9 - аллювиально-пролювиальные, 10 - элювиально-делювиальные. IV. Высокие денудационные плато; отложения: 11 - элювиально-делювиальные, 12 - аллювиально-пролювиальные. V. Горные массивы, предгорные и межгорные денудационно-аккумулятивные равнины; отложения 13 - аллювиально-пролювиальные, 14 - элювий и выходы на поверхность скальных пород.

уровнях освоения и орошения земель относятся к ландшафтно-географо-геоморфологическим областям, не требующим сложных мероприятий по управлению эколого-мелиоративными процессами. В указанных районах при развитии орошения чаще всего возникают эрозийные процессы, смыв почв и большие поверхностные сбросы. В этих районах главной задачей антропогенных мероприятий является обеспечение управления водой в целях минимизации потерь воды и предотвращения деградации (смыв и эрозия) почв. В остальных районах, обладающих слабой естественной дренированностью или отсутствием подземного стока при орошении развиваются сложные эколого-мелиоративные процессы: подтопление, вторичное засоление, ухудшение качества поверхностных и подземных вод и др. В связи с этим в этих районах для управления эколого-мелиоративными процессами требуются более сложные водосберегательно-водоохранные мероприятия и технология орошения и дренажа.

Литологическое строение основных регионов развития орошаемого земледелия

В регионах развития орошаемого земледелия Центральной Азии очень важным является литологическое строение выделенных геоморфолого-гидрогеологических районов.

Каждый геоморфологический выдел или гидрогеологический бассейн соответственно его генезису (аллювиальные, пролювиальные, озерные, флювиоглюциональные и др.) имеет свои закономерности в пространственном литологическом строении, определяющие конкретные условия работы оросительно-осушительных систем.

На рис.А.2.3. показаны типовые литологические разрезы основных районов орошения. Разрезы расположены соответственно гипсометрическому положению земель. Для горных равнин, хорошо дренированных реками, характерным является то, что толща мелкоземистых отложений на большей или меньшей глубине подстилается мощными слоями хорошо водопроницаемых грунтов.

Литологический разрез подгорных равнин, хорошо дренированных и обеспеченных подземным оттоком, представлен толщиной мелкоземистых отложений, подстилаемых крупнообломочными грунтами. Для них характерны два генетических ряда разрезов - один связан с аллювием крупных рек и имеет окатанные фракции галечниково-песчаных водоносных слоев, последовательно уменьшающихся от гор к равнине и замыкающиеся глинами и песками. Другой связан с временными потоками, для которых характерны угловатость обломков и наличие мелкозема в крупнообломочном материале, замыкающегося на периферии суглинисто-глинистыми слоями.

Литология подгорных равнин средних речных террас характеризуется тем, что мелкозема, как правило, подстилаются грунтами более крупнозернистыми (песок, гравий). Водоупорных прослоек близко к поверхности нет. Обеспечивается свободный отток в естественные водоприемники (реки, лога).

На низких речных террасах, вторично дренированных речных конусах слоистая толща мелкоземистых отложений подстилается более водопроницаемыми грунтами (обычно песками). Здесь малые гидравлические уклоны фильтрационных потоков и

водно-физические свойства грунтов вызывают резкое сокращение скоростей фильтрации.

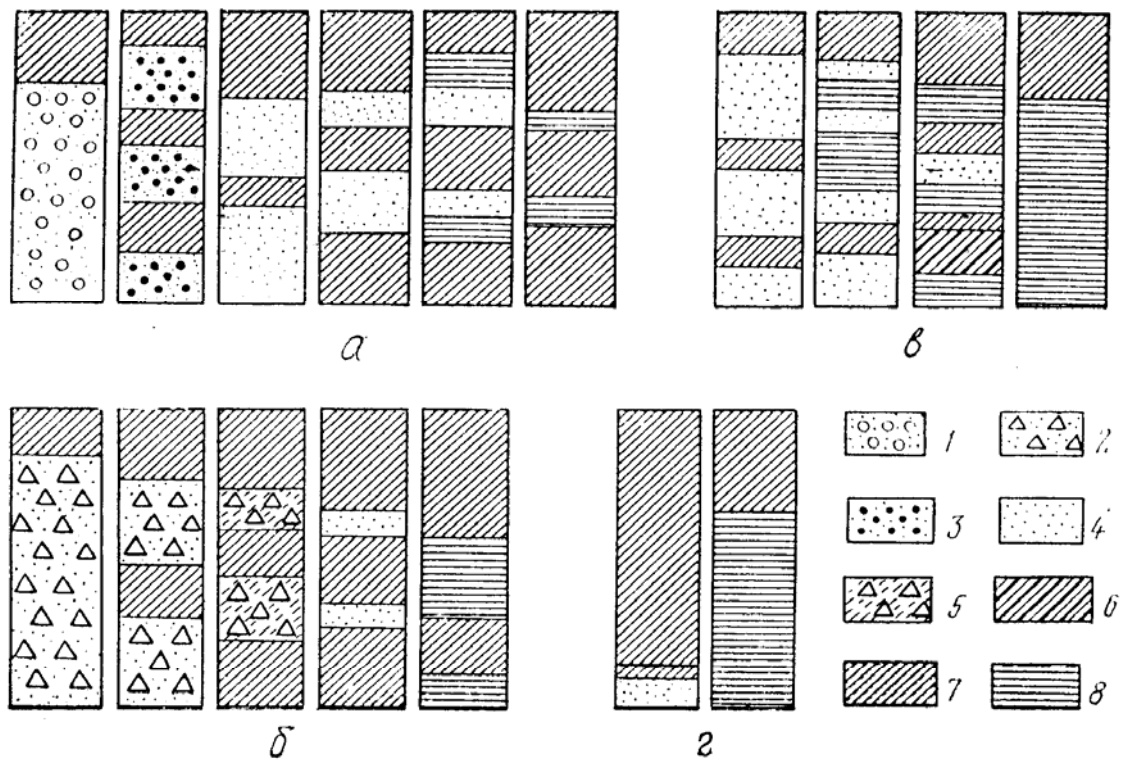


Рис.А.2.3. Генетические ряды типовых литологических разрезов верхнего яруса подземных вод (на глубину 70—100 м):

а — аллювиальные равнины; *б* — предгорные равнины; *в* — дельты и приморские низменности; *г* — водораздельные равнины; 1 — галечник; 2 — угловатый галечник с суглинком; 3 — гравий; 4 — песок; 5 — щебень с мелкоземом; 6 — супесь; 7 — суглинки; 8 — глина.

Литология аллювиально-пролювиальных конусов выноса и делювиально-пролювиальных равнин характеризуется резкой сменой состава грунтов, по разрезу сближая районы погружения, выклинивания и рассеивания.

На аллювиальных равнинах платформенной территории преобладают песчаные фракции, которые к низовью и в дельтах переслаиваются с глинами и суглинками. Мощность покровных отложений увеличивается от молодых террас к более древним с 2-5 м до 25-40 м.

Водораздельные равнины в значительной части представлены мощной лессовой или лессовидной толщей, часто имеющей в основании маломощные флювиогляциальные или древнеаллювиальные пески или лежащей на размытой поверхности пород различной проницаемости.

Для приморских низменностей и субэразальных дельт характерны тяжелые глинистые отложения, в различной степени переслаивающиеся мелкозернистыми песками. Происходит непрерывная аккумуляция осадков, район практически бессточный, интенсивное засоление и заболачивание значительных площадей.

Гидрогеологические условия основных регионов орошения

Под типом гидрогеологических условий понимается комплекс показателей, характеризующих условия и закономерности формирования подземных вод в естественных условиях, ожидаемое влияние мелиораций и состав необходимых мероприятий, обеспечивающих благоприятные гидрогеологические условия.

По степени сложности гидрогеологических условий орошаемые районы Центральной Азии подразделяются на 4 группы:

- 1) районы со сравнительно простыми условиями;
- 2) районы средней сложности;
- 3) сложные районы;
- 4) весьма сложные.

На рис.А.2.4 приведены примеры орогенных и платформенных районов, характеризующихся различной сложностью гидрогеологических условий; показано геоморфологическое положение этих районов.

Орошаемые районы орогенной группы по степени сложности гидрогеологических условий изменяются от простых до весьма сложных. Они характеризуются глубоким залеганием водоупора и участием в составе четвертичных отложений хорошо водопроницаемых гравийно-галечниковых пород (рис.А.2.4).

Орошаемые районы платформенной группы являются преимущественно среднесложными, сложными и весьма сложными, отличаются сравнительно небольшой глубиной залегания регионального водоупора (дочетвертичного возраста). В составе четвертичных отложений в большинстве районов отсутствуют гравийно-галечниковые породы.

Районы со сравнительно простыми гидрогеологическими условиями характеризуются формированием преимущественно пресных грунтовых вод с устойчиво глубоким залеганием уровня (районы 1-4 на рис.А.2.4). Эти районы расположены в основном в области питания грунтовых вод, отличаются интенсивной естественной дренированностью. Подземный отток здесь полностью компенсирует приходные составляющие баланса грунтовых вод; испарение и транспирация грунтовых вод незначительны или отсутствуют. При этом оттоке обеспечивается автоморфный режим почвообразования, почвы незасоленные (типичные и светлые в большинстве сероземы и др.), и устойчиво хорошее мелиоративное состояние земель. Искусственный дренаж не требуется. Эти земли весьма благоприятны для орошения. К первой группе районов принадлежат также земли естественно-дренированные. Благодаря интенсивному оттоку грунтовые воды, не имеющие напорного питания, несмотря на неглубокое залегание, являются устойчиво пресными (районы 5, 8 на рис.А.2.4). Этому способствует и интенсивный подземный приток, который при значительном оттоке обуславливает хорошую “промытость” отложений, отсутствие в зоне аэрации легкорастворимых солей. Благодаря неглубокому залеганию пресных грунтовых вод поливные культуры покрывают значительную часть своей потребности в воде за счет грунтовых вод. Формирующиеся в этих условиях луговые и лугово-болотные почвы обладают высоким потенциальным плодородием (при условии предупреждения заболачивания почв).

В рассматриваемых условиях, в целом также весьма благоприятных для поливного земледелия, локально проявляется сульфатно-кальциевое и карбонатно-магниево-засоление почв с образованием плотных солевых горизонтов (носящих в Средней Азии название “шох”, “арзык”).

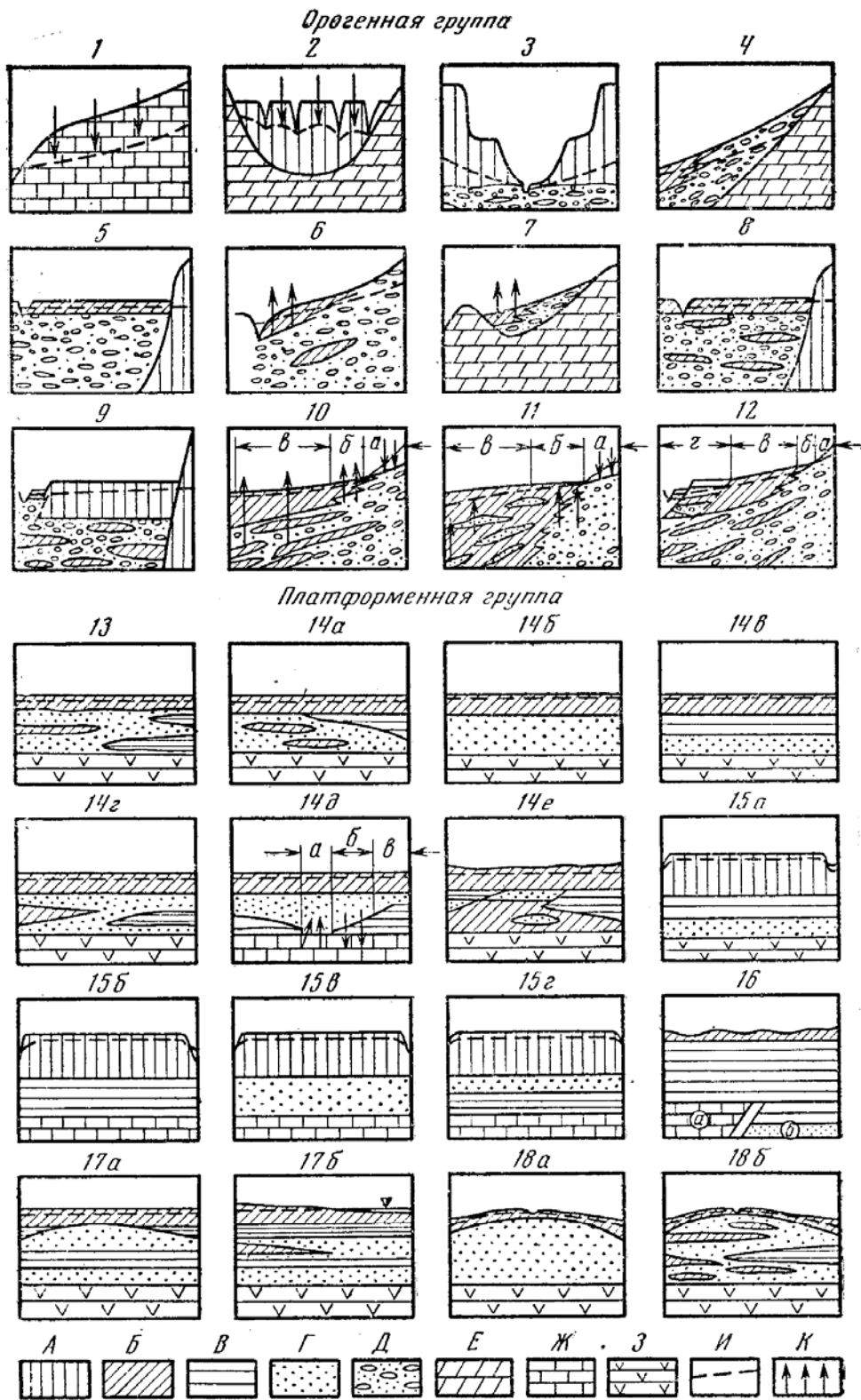


Рис. А.2.4. Типы гидрогеологических условий орошаемых районов:

1 — горные склоны и предгорные равнины, сложенные коренными трещиноватыми породами; 2 — глубоко расчлененные предгорные равнины; 3 — верхние (древние) глубоко расчлененные аллювиальные террасы; 4 — привершинные части конусов выноса рек; 5 — нижние и средние аллювиальные террасы; 6 — несовершенные (подрезанные) конусы выноса рек; 7 — междельные впадины; 8 — верхние части субаэриальных дельт, средние аллювиальные террасы слабодренированные; 9 — аллювиальные террасы весьма слабо дренированные; 10 — конусы выноса, составляющие предгорные равнины с хорошо развитым периферическим шлейфом тонкообломочных отложений с интенсивной водной нагрузкой в зоне питания (а), интенсивным выклиниванием (зона б), вторичным погружением

Районы средней сложности включают естественно дренированные земли, в которых при наличии слабого, среднего и сильного напорного питания пресных грунтовых вод необходима борьба с заболачиванием почв, требуется более интенсивный дренаж, чем в районах первой группы (районы 6, 7 на рис.А.2.4). Ко второй группе отнесены и естественно слабодренированные районы, в которых необходима борьба и со слабым засолением почв, так как грунтовые воды обладают уже повышенной минерализацией (районы 9, 14, а, б, г, д, на рис.А.2.4).

Районы со сложными гидрогеологическими условиями широко распространены в орошаемой зоне. К ним принадлежат:

- весьма слабо дренированные земли при отсутствии напорного питания грунтовых вод или слабом и среднем питании пресными напорными водами (районы 9, 13, 14, а, б, на рис.А.2.4);

- зоны интенсивного выклинивания подземных вод на конусах выноса, где имеет место сильное и очень сильное напорное питание грунтовых вод (районы 10, 12 на рис.А.2.4);

- практически бессточные земли при отсутствии или слабом напорном питании грунтовых вод (районы 14, в, е, 15, а, в, б, г, 18, а, б, на рис.А.2.4).

В рассматриваемой группе районов, в большинстве отличающихся повышенной или высокой минерализацией грунтовых вод, основной задачей мелиоративных мероприятий является борьба с засолением почв на основе регулирования режима грунтовых вод с помощью интенсивного дренажа.

Районы с весьма сложными гидрогеологическими условиями включают:

- бессточные земли - беспластовые практически водоупорные (район 16, на рис.А.2.4);

- весьма слабо дренированные земли при двухслойном или многослойном строении пласта и наличии среднего или сильного питания грунтовых вод пресными напорными водами (район 11 на рис.А.2.4);

- весьма слабо дренированные и бессточные земли при двухслойном или многослойном строении пласта, находящиеся в сложных гидрогеохимических условиях (районы 17, а, б, на рис.А.2.4).

Районы последней группы требуют для борьбы с засолением почв применения наиболее интенсивного дренажа, промывных поливов с использованием химических мелиорантов (в случае содового или содово-сульфатного засоления почв) и т.д. Если в районах с простыми гидрогеологическими условиями при глубоком залегании грунтовых вод затраты на дренаж вообще не требуются, то в рассматриваемой группе районов капитальные вложения в строительство дренажа достигают 2-3 тыс. долларов. и более на 1 га орошаемых земель. Соответственно велики и ежегодные эксплуатационные затраты на дренаж.

Одним из важных гидрогеологических показателей орошаемых территорий является естественная дренированность земель. Ее показателем является потенциальная величина подземного оттока грунтовых вод (выражаемая в миллиметрах слоя воды, или в м³/га в год или величины естественного дренажного модуля «л/с/га»).

Естественная дренированность массива определяется его геологическим строением, геоморфологическими условиями, рельефом, связью грунтовых вод с поверхностными водотоками и водоемами - как естественными, так и искусственными, связью грунтовых вод с напорными водами. Эти факторы находят свое отображение в геофильтрационных схемах орошаемого или осушаемого массива.

По характеру геологического строения в общем случае возможны следующие геофильтрационные схемы: 1) однопластовая (однослойная и двухслойная), 2) двухпластовая, 3) многопластовая и 4) водоупорная.

При геофильтрационной схематизации для количественной характеристики параметров пластов целесообразно использовать следующие количественные показатели.

Фильтрационные свойства пластов с точки зрения условий работы горизонтальных дрен: благоприятные условия - коэффициент фильтрации более 0.5 м/сут, промежуточные - 0.1-0.5 и неблагоприятные - менее 0.1 м/сут.

На основе анализа работы дрен в грунтах с коэффициентом фильтрации менее 0.1 м/сут целесообразна дифференциация их на следующие группы: от 0.1 до 0.01 м/сут - низкой водопроницаемости, от 0.01 до 0.001 м/сут - весьма низкой и менее 0.001 м/сут - крайне низкой водопроницаемости, создающей исключительно неблагоприятные условия для работы дрен. В то же время с уменьшением водопроницаемости грунтов сокращаются потери на фильтрацию из оросительных каналов.

Для оценки эффективности работы вертикального дренажа и эксплуатационных водозаборов подземных вод и общих гидрогеологических условий массива одним из основных параметров является *водопроницаемость отложений*. При двухслойной или многослойной схеме строения пласта следует оценивать водопроницаемость более проницаемого слоя или свиты пластов по следующим градациям: менее 100 м²/сут (как неблагоприятная); 100-200; 200-500; 500-1000; свыше 1000 м²/сут. С повышением водопроницаемости условия работы водозаборов и эффективность вертикального дренажа, при равенстве других условий, улучшаются.

Важный фактор геофильтрационной схематизации - *наличие и характер связи грунтовых вод с нижележащим межпластовым водоносным горизонтом*. В этом плане следует различать: 1) районы формирования грунтовых вод и 2) районы формирования единых водоносных комплексов грунтовых и напорных или субнапорных вод. При превышении пьезометрического уровня над уровнем грунтовых вод и наличии восходящего перетекания напорных вод в грунтовые воды целесообразно различать площади земель: слабого напорного питания - до 100 мм в год; среднего - от 100 до 200; сильного - от 200 до 300; очень сильного - более 300 мм в год.

Естественная дренированность зависит от рассмотренных факторов, а также от типов граничных условий геофильтрационных потоков.

По степени естественной дренированности земель применительно к орошаемым районам выделен ряд гидродинамических зон, характеризующихся различным подземным оттоком грунтовых вод, установленным по сравнению с величиной ирригационного питания грунтовых вод.

На основе воднобалансовых исследований установлено, что в орошаемых районах пустынной и полупустынной зон при существующих КПД оросительных систем и поверхностном самотечном орошении ирригационное питание грунтовых вод в среднем составляет 300-600 мм/год.

Исходя из этого установлены следующие 5 зон:

1) естественно интенсивно дренируемая с потенциальной величиной подземного оттока свыше 500 мм/год, т.е. более ирригационного питания в любых климатических условиях и при любых способах орошения и технике полива;

2) дренируемая - отток 300-500 мм/год, что примерно соответствует ирригационному питанию грунтовых вод в пустынных и полупустынных районах и превышает питание в степных районах;

3) слабодренируемая - отток 150-300 мм/год, т.е. меньше ирригационного питания в полупустынных и пустынных районах и соответствует верхнему пределу питания в степных районах;

4) весьма слабо дренированная - отток 50-150 мм/год, т.е. значительно меньше питания в пустынных и полупустынных районах и примерно близок к нижней границе питания грунтовых вод в степных условиях;

5) практически бессточная - отток менее 50 мм/год, т.е. весьма значительно меньше ирригационного питания грунтовых вод в любых климатических условиях.

С уменьшением подземного оттока при неглубоком залегании грунтовых вод возрастает расход их на испарение и транспирацию, что приводит к росту минерализации грунтовых вод и соленакоплению в почвах и породах зоны аэрации.

Характеристика геоморфологических условий площадей распространения выделенных гидродинамических зон, свойственных им глубин залегания и минерализации грунтовых вод, а также роли грунтовых вод в процессах почвообразования дана в табл.А.2.1.

Орошаемые земли могут быть расположены во всех зонах естественной дренированности. Однако всего лишь около 20 % земель существующего и перспективного орошения характеризуются интенсивной естественной дренированностью, которой свойственно устойчиво глубокое залегание грунтовых вод и потому искусственное дренирование земель не требуется. Сколько же занимает естественно-дренированная зона со свойственными ей устойчиво пресными грунтовыми водами, где дренаж может потребоваться для борьбы с заболачиванием почв.

Три последующие гидродинамические зоны - низкой естественной дренированности - занимают примерно 60 % земель существующего и проектируемого орошения. Дренаж здесь необходимым в настоящее время или потребуется в перспективе для борьбы со вторичным засолением, заболачиванием и осолонцеванием орошаемых почв или для предупреждения этих процессов.

Крупные орошаемые оазисы могут характеризоваться наличием нескольких гидродинамических зон. Однако могут быть оазисы и с однородной дренированностью.

При значительной мощности покровного слабопроницаемого слоя (свыше 10-15 м), подстилаемого хорошо проницаемыми отложениями, следует отдельно оценивать естественную дренированность этого слоя. Она зависит от его фильтрационных свойств, водопроницаемости хорошо проницаемого подстилающего слоя и соотношения уровней подземных вод в том и другом слоях. Это соотношение может изменяться во времени, соответственно увеличивая или уменьшая дренированность покровного пласта, что учитывается в прогнозах.

В отличие от орошаемых массивов, которые характеризуются различной естественной дренированностью, районы развития переувлажненных почв, требующих осушения, в области достаточного увлажнения находятся только в зонах низкой дренированности. Важнейшим показателем естественной дренированности в гумидной зоне является глубина залегания грунтовых вод - с учетом ее сезонных, годовых и многолетних изменений.

Таблица А.2.1

Зоны естественной дренированности

Зона	Характеристика зон					Геоморфологические условия
	тип потоков грунтовых вод	величина подземного оттока, мм/год	преобладающая общая минерализация грунтовых вод, г/л	преобладающая глубина залегания грунтовых вод, м	роль грунтовых вод в процессах почвообразования	
1	2	3	4	5	6	7
1. Интенсивно дренированная	глубоко погруженные потоки грунтовых вод, движущиеся с различной скоростью	от 100-300 в суглинистых отложениях до 500-700 и более в галечниках	ультрапресные и пресные во всех климатических условиях	>50-10 (в природных условиях и на орошаемых землях)	не участвуют, почвы автоморфные	Высокие долины, предгорные шлейфы и верхние части конусов выноса, сложенные галечниками; глубоко расчлененные предгорные равнины и аллювиальные террасы, высокие приречные уступы, сложенные суглинистыми отложениями и др.
2. Дренированная	потоки грунтовых вод, движущиеся со значительной скоростью >100-200 мм/сут	300-500	то же	различная, на орошаемых землях - от 4-5; в гумидных областях глубже 3	при неглубоком залегании вызывают заболачивание почв	аллювиальные террасы, зоны выклинивания подземных вод на конусах выноса, сложенные галечниками с небольшим покровом суглинистых отложений
3. Слабодренированная	замедленные потоки грунтовых вод - 25-100 мм/сут	150-300	пресные в условиях гумидного климата, слабоминерализованные в условиях аридного климата	различная, на орошаемых землях - от 0 до 3-4; в гумидных областях от 1.5 до 3	при неглубоком залегании вызывают заболачивание почв, в условиях аридного климата - также слабое засоление	средние и нижние речные террасы, центральные части конусов выноса, сложенные песчано-галечниковыми отложениями с суглинистым покровом мощностью до 5-10 м

Окончание табл. А.2.1

1	2	3	4	5	6	7
4. Весьма слабо дре-	весьма замедленные пото-	50-150	пресные в условиях гумидного кли-	различная, на орошаемых зем-	при неглубоком залегании вызы-	широкие речные террасы, водораздельные равнины, нерасчле-

нированная	ки грунтовых вод - 5 - 25 мм/сут		мата и повышенной минерализации при аридном климате, минерализация нарастает от степных районов к пустынным	лях - от 0 до 2-3; в гумидных областях <1.0-1.5	вают заболачивание почв, в условиях аридного климата также засоление почв	ненные предгорные равнины, субаэральные дельты рек, периферические части конусов выноса, межконусные понижения; плоские плато озерных, озерно-ледниковых и моренных равнин и др.; сложены мощными суглинистыми отложениями, подстилаемыми песчаными или песчано-глинистыми породами
5. Бессточная	бассейн грунтовых вод <5 мм/сут	<50	то же	различная, на орошаемых землях - от 0 до 1-3; в гумидных областях <0.5-1	то же	современные и древние приморские дельты рек, приморские низменности, субаэральные дельты рек, плоские водораздельные равнины, котловины моренных и озерно-ледниковых равнин, предглинтовые низменности и др.; сложены суглинистыми и глинистыми отложениями, подстилаемыми мелкими песками, песчано-глинистыми отложениями или коренными породами

Глубина залегания, минерализация, режим и баланс грунтовых вод. Характеристика глубин залегания и минерализации грунтовых вод в разных климатических условиях и при разной естественной дренированности земель приведена в табл.А.2.1. В зависимости от того или иного сочетания климатических и гидродинамических условий по минерализации грунтовые воды изменяются от ультрапресных до рассолов - с сухим остатком до 200-300 г/л и более. Широкий диапазон изменений глубин залегания грунтовых вод был отмечен выше. Как глубина залегания, так и минерализация и химический состав грунтовых вод подвержены сезонным, годовым и многолетним изменениям, описываемым определенными закономерностями режима.

Режим и баланс грунтовых вод на орошаемых и осушенных землях формируются в результате взаимодействия природных и хозяйственных факторов. Анализу особенностей этих важных показателей гидрогеологических условий посвящен второй раздел учебника.

Общие гидрогеохимические условия. В пределах каждой климатической и гидродинамической зоны возможно наличие одного или нескольких локальных факторов, осложняющих природную гидрогеохимическую обстановку. К этим факторам относится наличие:

- современного или реликтового морского засоления пород и грунтовых вод;
- соленосных коренных пород, процессов денудации их и аккумуляции продуктов этой денудации;
- подпитывания грунтовых вод высокоминерализованными напорными водами;
- повышенной щелочности грунтовых вод, вызывающей содовое засоление почв;
- грязевых вулканов и соляно-купольной тектоники.

Сложность геохимической обстановки проявляется в повышенных запасах солей в грунтовых водах, водовмещающей толще и в породах зоны аэрации, что осложняет мелиорацию земель.

В рассмотренных гидрогеохимических условиях минерализованные грунтовые воды или воды с повышенной щелочностью могут формироваться в любых климатических зонах. Однако наибольшего развития соленакопление достигает при сочетании сложных геохимических условий с бессточностью территории и аридностью климата.