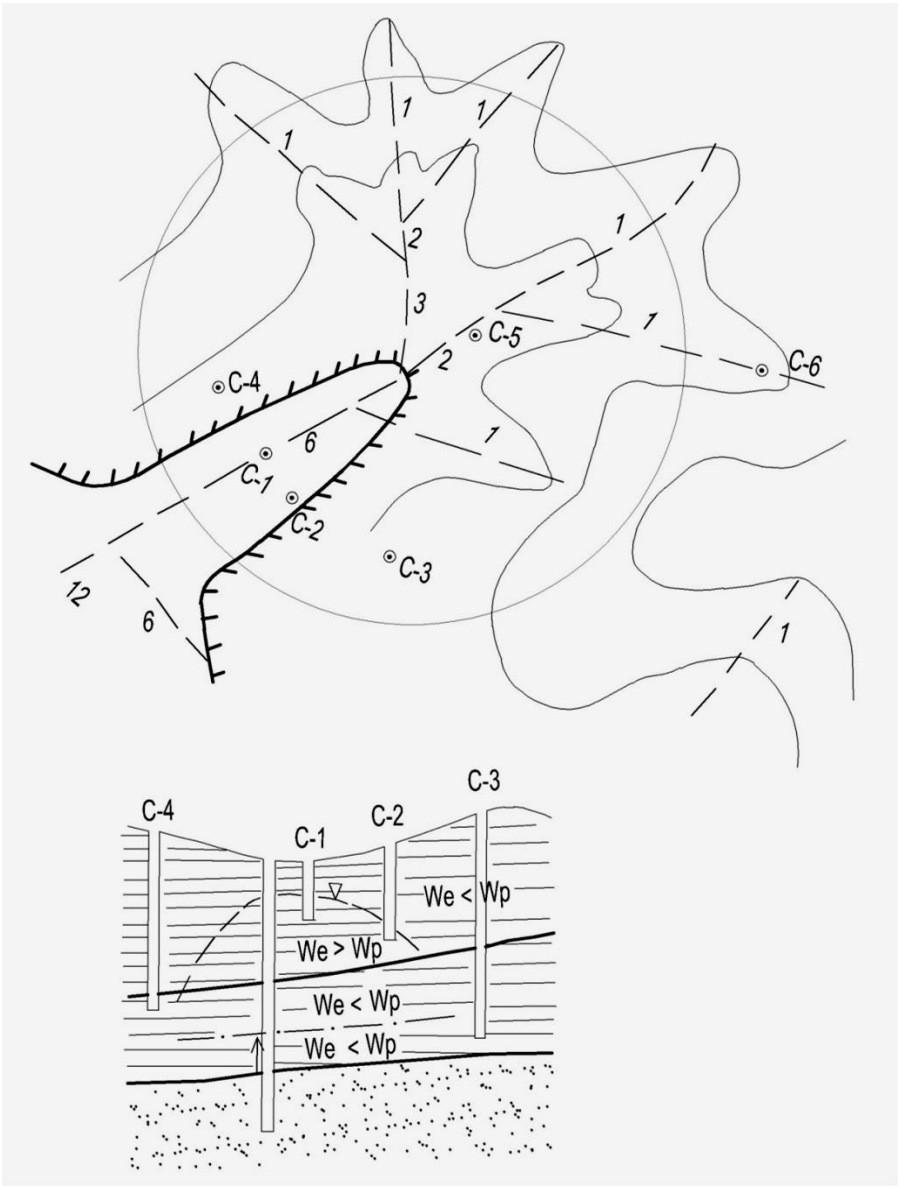
В.П. Пантелеев

МЕТОДЫ МОРФОМЕТРИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ГИДРОГЕОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНЫХ ЗАДАЧ



УДК 631.4:631.6

Методы морфометрии в решении гидрогеолого-мелиоративных задач. В.П.Пантелеев ФГОУ «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова», Саратов 2016.

В книге изложены методические положения морфометрических исследований и полученная информация о гидрогеологических условиях на оросительных системах в Сыртовом Заволжье.

Впервые показано, что при фильтрации воды в сыртовых глинах проявляется начальный градиент фильтрации, в связи с чем сплошной водоносный горизонт в толще сыртовых глин отсутствует. Инфильтрация в глубокие горизонты сыртовой толщи неповсеместна, имеет очаговый характер, образуются локально разобщенные бугры верховодки, для картирования которой применена строгая классификация рельефа полей.

На основе полевых, геоморфологических, разведочных и режимных гидрогеологических исследований анализа рельефа орошаемых полей и изучения фильтрационных свойств рельефообразующих и покровных почво-грунтов Низкой Сыртовой равнины и террас р.Волга установлено, что в связи с недостоверностью и формальным характером гидрогеологических изысканий и последующих проектных ошибок, в пониженных местах оросительных систем происходит переувлажнение и засоление почв за счет ирригационного стока.

Для реконструкции и модернизации оросительных систем предложено строительство опытно-производственных объектов по регулированию водного баланса и размещению локального дренажа неглубокого заложения в днищах ложбин стока и комбинированного дренажа в дельтах балок и речных долин на хазарской и хвалынской террасах р.Волга.

Для мелиораторов, гидрологов, гидрогеологов, почвоведов, агрономов.

Таблиц - 4. Иллюстраций - 39. Библиографий - 105.

Предисловие

Работа имеет природоохранное экономическое и технологическое значение, вносится предложение о включении в нормативы по изысканиям и исследованиям для обоснования проектов мелиоративного освоения и застройки территорий, инновационные методические, морфометрические положения по оценке и использованию природных свойств местности.

1. Морфометрические исследования по договорам с Главсредволговодстроем проводились институтом «Приволжгипроводхоз» в период 1975-82 гг. на оросительных системах Саратовской области и по их результатам принимались конкретные проектные решения. Эти исследования проводились дополнительно к традиционным инженерно-геологическим съемкам и разведкам, поскольку с позиции традиционной методики изысканий невозможно было объяснить гидрогеологическую ситуацию на оросительных системах, а поэтому невозможно составить качественный гидрогеологический прогноз.
2. Методика морфометрических исследований основана на строгой классификации рельефа орошаемых полей, полевых наблюдений и исследований водно-физических и фильтрационных параметров рельефообразующих почво-грунтов.

С точки зрения науки о рельефе в морфометрическом подходе новации нет. Новация состоит только в том, как последовательно и тщательно нацеливались и проводились исследования (и подготовительные, и полевые, и лабораторные работы). Строгая классификация рельефа полей позволяет строго установить гидрологическую, гидрогеологическую, почвенно-мелиоративную и даже продуктивную значимость разных по характеру и ранжиру элементов рельефа и их частей.

Новацию представляет собой методика применения морфометрических классификаций рельефа В.П. Философова при размещении разведочных и режимных гидрогеологических скважин, методика считывания гидрогеологической (гидрогеолого-индикационной) информации с топографических карт, методика фильтрационных испытаний глинистых слабоводопроницаемых покровных и рельефообразующих грунтов.

Традиционная наука и практика гидрогеологических исследований не содержит методических требований, рассматриваемых в морфометрическом подходе к организации гидрогеологических исследований, а следовательно не позволяет получить достоверную гидрогеологическую информацию о питании первого от поверхности водоносного горизонта. Таким образом, наработанные методики гидрогеологических исследований и полученная таким образом

гидрогеологическая информация представляет собой новацию, получить которую традиционными методами невозможно.

Саратовская область относится к лесостепной и степной зонам Поволжья с периодами засушливого лета, чем обусловлены здесь риски земледелия. Потенциальные возможности эффективного сельхоз-производства здесь связываются с орошением земель, регулированием поверхностного стока. Темпы мелиоративного строительства в регионе в период 1970-1991гг. были столь велики, что из-за недостатка местных опытно-производственных данных в научно-методическом руководстве строительством доминирующим было представление о необходимости высокой водоподачи на орошение, промывном режиме почв с устройством повсеместного систематического горизонтального дренажа.

Местный опыт орошения земель в Саратовской области имеется (лиманное орошение, Толстовский и Ершовский орошаемые массивы). Разумеется, что перенести этот опыт на широкомасштабное орошение сложно, но необходимо, поскольку речь, прежде всего, должна идти об эффективном использовании местных условий. Здесь есть проблемы. Над некоторыми из них в период 1975-81гг. работал специально созданный в институте «Приволжгипроводхоз» сектор исследовательских работ с целью систематического исследования гидрогеологических условий на орошаемых территориях в Саратовской области. Исследования проводились автором по специальным программам для каждого конкретного объекта проектирования. Наибольший объем исследований был выполнен на землях старого орошения Ершовской опытно-мелиоративной станции и на новоорошаемых землях Ершовского опытного хозяйства (ОПХ), поскольку здесь были сконцентрированы исследования целого ряда проектных и научно-исследовательских организаций под общим методическим руководством ВНИИГИМ. Главная задача сектора состояла в том, чтобы полнее раскрыть причины успешного орошения земель без применения дренажа. Накопленный исследовательский материал был использован в конкретных проектах. Методическая и инновационная части изложены в публикациях (опубликовано 15 работ). Таким образом, выяснено, что действующее методическое руководство по обоснованию проектов мелиорации имеет серьезные недостатки, влекущие за собой ошибочные проектные решения. В связи с этим должна быть решена программная задача по их устранению и внедрению новых методических положений, необходимых для модернизации оросительных систем.

Эта задача рассмотрена в программах, представленных автором в Министерство сельского хозяйства РФ для определения целевого финансирования опытно-производственных исследований, без которых развитие мелиорации невозможно: старый путь развития мелиоративного строительства

оказался ущербным, а нового пути нет, поскольку нет достоверной гидрогеологической, водно-балансовой и почвенно-мелиоративной информации.

За многие годы мелиоративного строительства в области не решены принципиальные вопросы:

— о влиянии орошения на грунтовые воды;

— об условиях питания и распространения первого от поверхности водоносного горизонта;

— о причинах интенсивного ирригационного стока;

— о фильтрационных свойствах покровных и рельефообразующих почво-грунтов;

— о размещении режимных гидрогеологических скважин;

— о размещении дренажа;

— о регулировании поверхностного стока;

— о возможности орошения каштановых почв в Сыртовом Заволжье без устройства дренажа.

Все это связано с серьезными недостатками действующих методических пособий, на основе которых выдается допуск СРО.

К примеру, методическим руководством по гидрогеологическим и инженерно-геологическим исследованиям для мелиоративного строительства на орошаемых и обводняемых землях [Д.М. Кац и др.] М. 1972. Вып. 2 рекомендуется одна наблюдательная скважина на 100 га орошаемых земель. А так как правил использования рельефа полей в методическом руководстве не предложено, то получаемая по такой скважине информация, из-за неясности ее положения в рельефе, непригодна для качественного гидрогеологического прогноза. Подобным образом дело обстоит и с размещением разведочных картировочных гидрогеологических скважин. Не лучше дело обстоит и с фильтрационным опробованием покровных и рельефообразующих глинистых грунтов. В грунтах зоны аэрации определяется только коэффициент фильтрации. На основании такого фильтрационного опробования и метода размещения разведочных скважин (одна скважина на 100 га) невозможно объяснить, почему верховодки в Сыртовом Заволжье, где толща сыртовых глин достигает 55,0-60,0 м, не образуют сплошного водоносного горизонта. Полученный же при традиционных изысканиях коэффициент фильтрации позволяет математическими расчетами прогнозировать формирование сплошного водоносного горизонта в условиях орошения и соответственно рекомендовать строительство систематического дренажа. В этом собственно состоит проблема.

Морфометрический метод позволяет получать по глинистым грунтам зоны аэрации пять параметров: скорость впитывания воды, коэффициент фильтрации, содержание защемленного воздуха, начальный градиент фильтрации и водоотдачу. Проведенными исследованиями доказано, что

верховодка в толще сыртовых глин не может далеко растекаться от источника ее образования: в плане растекание верховодки ограничивается начальным градиентом фильтрации меньше единицы, а по глубине – градиентом большим единицы. Более того, доказано, что инфильтрация на орошаемых землях неповсеместна и приурочена к днищам ложбин старше 6-го порядка по монотомической системе В.П. Философова. Отсюда ясно, что если нет растекания верховодки, то нет потребности в дренаже.

В целом накопленный исследовательский материал позволяет пересмотреть проекты, модернизировать и реконструировать оросительные системы не только в Сыртовом Заволжье.

Таким образом, получение дополнительных опытно-фильтрационных параметров (водоотдача, начальный градиент фильтрации, объем защемленного воздуха) грунтов является не только новацией, но и проблемой внедрения этой информации в проектные решения. Наиболее обстоятельной работой по исследованию начального градиента напора при фильтрации воды через грунт рассмотрены А.Г. Арье «Физические основы фильтрации подземных вод». Однако, практического подхода по его использованию в проектах по мелиорации нет. Особенно эта проблема касается проектов защиты земель от подтопления и засоления почв.

С позиции накопленной морфометрическими исследованиями информации это обстоятельство объясняется просто:

— в зоне интенсивных тепловолновых изменений, что характерно для лабораторных исследований, фильтрация воды через грунт прекратиться не может даже при ничтожно малых градиентах напора, если имеется постоянное поступление воды в зону фильтрации (водоподача в монолит постоянная). А так как объем защемленного воздуха в микроагрегатных грунтах почво-грунтов в 3-5 раз больше чем межагрегатная пористость, которая и представляет собой водоотдачу, то из монолита вода будет выдавливаться даже в том случае, если уровень водоподачи будет ниже, чем уровень слива воды после фильтрации, то есть при малых градиентах напора фильтрация через глинистые грунты не имеет постоянного направления.

В материалах полевых гидрогеологических изысканий, проводимых в Сыртовом Заволжье отмечаются локальные водоносные горизонты, приуроченные к очагам поверхностных вод (каналы, долины, западины, пруды).

Однако сплошного горизонта грунтовых вод в толще сыртовых глин не наблюдается. На склонах водоразделов и долин выход грунтовых вод на дневную поверхность также не наблюдается. На гидрогеологических разрезах, построенных по материалам инженерно-геологических съемок, выделяются разобщенные между собой горизонты-бугры верховодки. Эти факты можно объяснить лишь тем, что при фильтрации воды в сыртовых глинах проявляется

начальный градиент напора, препятствующий распространению верховодки далеко от источника питания (каналов, днищах ложбин, западин).

Однако официальной наукой в мелиоративном ведомстве (ВНИИГиМ) не дается объяснений этому явлению. Более того вносится необоснованная информация о повсеместной и равномерной инфильтрации на орошаемых и богарных полях, информация о дренированности водоразделов овражно-балочной системой и др.

В настоящей работе начальному градиенту напора при фильтрации через сыртовые глины уделяется большое внимание, поскольку накопился большой массив недостоверной (неоднозначной) информации по наливам воды в шурфе (Волгоградский филиал «Гидропроект», 1969г.), по наливу воды в котлован (ВНИИГиМ, 1973г.), по наливам воды в скважины (Приволжгипроводхоз, 1973 г.), по изучению влагопереноса в глубоких шурфах с помощью тензиометров (НИС Киевского университета, 1972-78гг), что позволяло вести математическое моделирование распространения грунтовых вод на орошаемых полях и предусматривать строительство систематического дренажа.

В противоположность этому в работе доказывается, что в проектах завышается водоподача на орошение и соответственно потребность в дренаже. Положительно разобраться в этом сложном вопросе предлагается посредством опытно-производственных исследований с использованием наработанных методических морфометрических подходов в организации исследований.

Работа написана на основании методических разработок автора и собранной таким образом новой уникальной информации.

Глава 1. МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ МОРФОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА РЕЛЬЕФА

Структурно-функциональная схема морфометрических исследований и анализ, связанный с классификацией рельефа местности гидрогеологической информации:

Стадия предварительного знакомства с объектом исследований

↓

Определение положения объекта на топографической карте местности: дешифрирование топографических карт, фотосхем, классификация рельефа, построение морфологических карт (карт порядков долин, гидробазисной поверхности), гипсометрический анализ гидроиндикационных дешифровочных признаков (прудов, рек, водохранилищ, растительных ареалов, колодцев и др.).

↓

Сбор, анализ и обобщение материалов гидрогеологических, гидрологических исследований прошлых лет, разработка предварительной версии о природных условиях объекта.

Стадия полевых исследований

↓

Рекогносцировка местности в пределах водосборного бассейна, оценка состояния дорог, дворовых территорий, инженерных коммуникаций, корректировка предварительной версии о природных свойствах объекта.

↓

Разработка рабочей программы исследований на объекте, ключевых точках прогностического значения.

↓

Производство изыскательских работ по программе, когда исследованиями на ключевых участках подтверждается версия о свойствах объекта.	При исследованиях на ключевых участках обнаружилась неожидаемая в программе информация.

Стадия камеральных работ и дополнительных исследований

↓

Составление заключения (отчета) по результатам выполненных работ – подтверждение стандартных проектных решений.	Составление новой программы исследований. Производство изысканий по новой программе, Разработка новых проектных решений, пополнение банка данных, публикация новой информации.

↓

Проектирование, строительство, авторский надзор

↓

Мониторинг за состоянием среды; рекомендации по управлению: режимом грунтовых вод, по составу и размещению мероприятий инженерной защиты территорий от неблагоприятных инженерно-геологических процессов.

1.1. Краткая геоморфологическая и геолого-литологическая характеристика района исследований.

Применимость морфометрического метода изучения гидрогеологических условий исследована в области слабо- и сильно пересеченных разновозрастных равнин с развитием чехла покровных глинистых отложений. Это орографические зоны юго-восточной части Русской платформы: Окско-Донская низменность, Приволжская возвышенность, Сыртовая равнина, террасы р. Волга.

Конкретные объекты исследований находились в пределах Мордовской АССР, Саратовской и Пензенской областей.

Геологические исследования в рассматриваемом районе начаты еще в прошлом столетии. На протяжении длительного времени Приволжская возвышенность и примыкающее к ней Заволжье составляли предмет научных интересов выдающихся исследователей Поволжья: А.П. Павлова, П.А. Архангельского, Н.С. Шатского, Г.Ф. Мирчинко, А.Н. Мазаровича, Е.В. Милановского, Б.А. Можаровского, И.П. Герасимова, М.М. Жукова, Н.И. Николаева. В 50 – 60 гг. здесь были проведены специальные геологические, гидрогеологические и геоморфологические исследования с применением большого объема бурения и геофизических работ; вся территории была покрыта сплошной геологической съемкой. На основе полученного материала учеными Саратовского университета (В.А. Востряков, Н.С. Морозов, В.П. Философов, А.А. Корженевский, А.Д. Наумов, В.Н. Зайонц, В.И. Артемьев, В.М. Седайкин и др.) составлены научные обобщения о строении рельефа, составе рельефообразующих пород и распространении водоносных горизонтов. Большое значение для развернувшихся в настоящее время работ по изучению гидрогеолого-мелиоративных условий Поволжья имеют методические разработки ученых Саратовского университета: В.П. Философова (1967) – об основах морфометрического метода при геолого-географических исследованиях;

А.Д. Наумова, А.В. Вострякова, В.Н. Зайонца (1970) – о принципах и методах составления палеогеоморфологических карт; А.В. Вострякова, В.А. Зайонца, А.Д. Наумова, А.А. Романова, и В.П. Философова (1974) – о геоморфологическом картировании равнин. Воплощением разработанных Саратовским университетом методов геолого-геоморфологических исследований является монография коллектива авторов (1978) – Четвертичные отложения, рельеф и неотектоника Нижнего Поволжья. Указанные работы ведут к развитию прикладных исследований в области широкого круга инженерно- мелиоративных вопросов.

Следует подчеркнуть, что для уяснения сущности морфометрического метода анализа рельефа как универсального подхода в решении гидрогеолого-мелиоративных вопросов, важно исходить из морфологических и генетических особенностей рельефа водно-физических свойств (литологии) рельефообразующих пород – основных местных причин-факторов гидрогеологического процесса. Исходя из рельефа разных равнин, состава рельефообразующих пород, равно, как и из климатических особенностей местности, оценка территории с точки зрения гидрогеологических особенностей должна проводиться по единой методике, раскрывающей количественную связь между элементами рельефа разного порядка и гидрогеологическим процессом. То есть, созданная коллективом ученых Саратовского университета научная база может быть реализована в отношении гидрогеолого-мелиоративных исследований через морфометрический метод и в других регионах.

В орографическом расчленении рассматриваемой территории четко отражается тектоническое развитие ее в новейший этап.

В плане регионального гидрогеологического районирования [1,11-13,15,16,17,21,24,45] рассматриваемая территория находится в составе Восточно-Русского и Прикаспийского артезианских бассейнов первого порядка (соответственно структурному членению на Волго-

Уральскую и Воронежскую антеклизу и Прикаспийскую синеклизу). По более дробному гидрогеологическому районированию части рассматриваемой территории входят в состав Сурско-Хоперского, Южно-Саратовского и Северо-Каспийского артезианских бассейнов [44].

Рельеф рассматриваемой территории сформировался в результате взаимодействия тектонических движений и экзогенных процессов. В результате тектонических движений а также с изменением климатических условий здесь сформировались разновозрастные денудационные и аккумулятивные равнины. По А.В. Вострякову [13] здесь выделяются денудационные равнины олигоценового, плиоценового, ранне- и позднечетвертичного возраста. Чисто аккумулятивные поверхности здесь представляют собой молодые террасы рек: это плоские аллювиальные и лиманно – аллювиальные равнины средне- и верхнехвалынского возраста.

Исходной поверхностью, преобразование которой привело к созданию равнин различного генезиса и возраста, послужила эоценовая аккумулятивная равнина. Современное геологическое строение и рельеф территории является результатом поднятия и разрушения, опускания под уровень трансгрессировавших морей и покрытия материковым оледенением разных частей эоценовой аккумулятивной равнины.

Окско-Донская низменность

Эта местность представляет собой денудационную равнину позднечетвертичного возраста с отметками поверхности от 70 до 200 м. Формирование рельефа связано с накоплением водно-ледниковых отложений и последующим эрозионным расчленением аллювиальной аккумулятивной равнины. Плоские водораздельные пространства здесь усложнены ложбинами стока, суффозионными западинами, а также понижениями-реликтами верховых озер. Наибольшее расчленение местности наблюдается на участках склонов водоразделов, вблизи крупных речных долин; здесь получают развитие овраги и балки. Речные

долины имеют весьма малые до 0,001 продольные уклоны. Врезы долин, то есть углубление их относительно склонов водоразделов достигает 40 м.

Рельефообразующие породы почти повсеместно представлены водно-ледниковыми глинами и суглинками с линзами и карманами грубых песков. Мощность глинистых отложений изменяется от 10 – 20 м на водоразделах до 40 м на склонах. Под толщей глинистых аллювиальных отложений залегают морские отложения нижнего мела, представленные алевритами, песками и глинами. Древние породы выходят на дневную поверхность на склонах оврагов, балок и речных долин. Пески и выветрилые разности нижнемеловых алевритов и глин служат коллекторами пресных подземных вод. Эрозионные системы разного порядка играют основную роль в питании и разгрузки водоносных горизонтов. Непосредственно на водораздельных пространствах грунтовые воды залегают глубоко (до 30 – 40 м). Лишь в отдельных замкнутых понижениях рельефа водоразделов (понижениях погребённых верховых озёр) отмечается неглубокое залегание грунтовых вод, обычно минерализованных, что указывает на их застойный характер. Водораздельные пространства по-видимому играют весьма ограниченную роль в питании водоносных горизонтов.

Приволжская возвышенность

Эта местность представляет собой возвышенную денудационную равнину [12,13,15,16,63,84]. Абсолютные отметки поверхности её изменяются от 120 до 367м. По возрасту и генезису здесь выделяются три поверхности разного возраста (поверхность выравнивания).

Верхняя поверхность имеет отметки 270 – 367 м – самая древняя эолигоценовая денудационная равнина. Эта поверхность срезает под один уровень различные по возрасту породы – мезозойские и палогеновые отложения. Поверхность распространена в виде обособленных останцов и гряд и почти не содержит покрова четвертичных отложений. Останцы и

гряды разделены между собой речными долинами и имеют со всех сторон очень крутые, почти нерасчленённые склоны, составляющие уступ к следующей более низкой ступени рельефа. На морфологию склонов останцев и гряд большое влияние оказывают литологический состав пород, а также экспозиция склонов. Крутые склоны образуются по выходам полускальных пород (мергели и опоки), наиболее крутыми являются юго-восточные и южные склоны. Рельефообразующие породы здесь разнообразны: опоки, мергели, песчаники, пески; глины юры, мела, палеогена. По выходам опок, мергелей, песчаников образуются достаточно мощные зоны выветривания, что делает их хорошо водопроницаемыми.

Вследствие высокой водопроницаемости рельефообразующих пород здесь происходит питание локальных (по зонам выветривания) и сплошных (по пластам) относительно водообильных водоносных горизонтов с пресными водами.

Средняя ступень рельефа, с абсолютными отметками 200 – 260 м, в рельефе выражена слабо. Она определяется как денудационная поверхность выравнивания верхнеплиоценового возраста, сплошного распространения не имеет, образована различными по возрасту и составу породами. Для участков с более высоким рельефом она является местным базисом эрозии, где накапливаются продукты плоскостного смыва. Благодаря этому здесь в отличие от верхней поверхности почти повсеместно (за исключением долин) распространены покровные суглинки и глины, существенно затрудняющие питание подземных вод. Поверхность средней ступени рельефа повсюду имеет заметный уклон в сторону речных долин, расчленена эрозионными понижениями и осложнена структурными террасами. Эрозионные понижения различной формы и размера пересекают поверхность по уклону, образуя многочисленные плоско-выпуклые увалы. Древние эрозионные понижения выполнены континентальными плиоценовыми глинами, вследствие чего в

рельефе выражены слабо, представляют собой систему ложбин стока. В долинах сформировались террасы, сложенные четвертичными аллювиальными глинами и суглинками. Подземные воды здесь пресные, залегают глубоко и представляют собой преимущественно пластовые воды. Грунтовые воды не имеют распространения, их взаимосвязь с пластовыми водами проблематична. Иногда в толще покровных глин встречаются локальные водоносные горизонты (верховодки) обычно соленых вод, что указывает на их застойный характер и связь с эпохой осадконакопления. Выходы хорошо водопроницаемых пород (выветриваемых полускальных и песчаных пород) здесь приурочены в основном к долинам. Следует считать поэтому, что особое значение в формировании грунтовых вод и питании пластовых вод имеют суходолы и пониженные участки структурных террас. Речные же долины в основном дренируют водоносные горизонты, перетекание поверхностных вод в пластовые воды отмечается лишь в малых водотоках на границе с верхней поверхностью.

Нижняя ступень поверхности имеет четкое отражение в рельефе и наибольшее распространение. Образование ее было вызвано акчагильской трансгрессией. Абсолютные отметки поверхности изменяются от 120 до 160 м. Здесь сформировался относительно мощный (до 25 – 30 м) чехол глинистых отложений, существенно затрудняющий питание подземных вод. Подземные воды залегают глубоко, воды пресные, преимущественно пластовые. Грунтовые воды не имеют сплошного распространения, их связь с пластовыми водами проблематична. Вероятно, что основная роль в формировании первого от поверхности водоносного горизонта принадлежит подземным потокам с возвышенных поверхностей, а также системе суходолов. Речные долины дренируют водоносные горизонты.

В крупных долинах Приволжской возвышенности выделяется до 3-х надпойменных террас средне- и позднечетвертичного возраста, относительной высотой от 5 до 40 м [12,15].

Весь облик рельефа Приволжской возвышенности, все его основные формы созданы деятельностью рек и водотоков. Большое количество валов, брахискладок здесь нарушают горизонтальное залегание горных пород. Это в совокупности с расчленённостью рельефа долинами разного порядка и не повсеместным распространением покровных глинистых отложений обусловливает весьма разнообразную локализацию водоносных горизонтов. Выходы коренных пород на водоразделах высокой поверхности выравнивания, а также в системе суходолов на крутой и нижней поверхностях способствуют формированию локальных и сплошных водоносных горизонтов с пресными водами. В соответствии с благоприятными условиями питания водоносных горизонтов здесь развита относительно густая речная сеть.

Сыртовая равнина

Сыртовое Заволжье представляет собой западный склон возвышенности – Общий Сырт – это увалистая равнина. Поверхность Заволжья понижается с севера на юг и с востока на запад от 150 – 200 м до нескольких десятков метров, расчленяется неглубокими долинами, чаще всего балками, местами с молодыми вторичными врезами. Междуречные пространства в большинстве своем плоско-выпуклые, превалируют в рельефе выпуклые увалообразные формы. Равнина сложена континентальными верхнеплиоценовыми (сыртовыми) отложениями (лишь в отдельных местах на сводах структур на дневную поверхность выходят мезозойские и палеозойские отложения); в предхазарское время подвергалась глубокому эрозионному расчленению, а перед трансгрессией хвалынского моря была покрыта плащом покровных лессовидных суглинков и глин. По комплексу

геолого-геоморфологических признаков Сыртовая равнина подразделяется на три части: северную, центральную и южную, являющимися высокой, средней и низкой областями Сыртовой равнины [12,21].

Высокая область Сыртовой равнины располагается севернее р. Бол. Иргиз и характеризуется абсолютными отметками 130 — 180 м. Речные долины здесь имеют широтное или близкое к широтному направление. Глубина вреза рек достигает 40 — 60 м, здесь широко развита овражно балочная сеть. Все речные долины Высокой Сыртовой равнины имеют четко выраженное асимметричное строение: северный уклон их круче, а южный — более пологий.

Средняя область Сыртовой равнины охватывает территорию, которая на севере ограничивается долиной р. Бол. Иргиз и на юге широтными участками долин р. Алтаты и р. Еруслана. Средняя высота ее составляет до 120 м. Она расчленена долинами рек меридиального и широтного направления. Глубина эрозионного вреза большинства рек не превышает 40 м. У рек наблюдаются хорошо выработанные продольные и поперечные профили, очертания склонов мягкие, плавные. Реки имеют выровненную плоскую пойму и до 3-х надпойменных террас. Речные долины разделяют среднюю область Сыртовой равнины на отдельные увалы различной величины, наблюдается ступенчатость в расположении увалов относительно друг друга. Различная высота увалов связана с изменениями базиса денудации. Рельеф равнины сформировался в средне четвертичное время, при этом после эрозионного расчленения поверхность равнины была перекрыта плащом желто-бурых глин, в результате чего водоразделы приобрели форму увалов с плавными очертаниями склонов.

Низкая область Сыртовой равнины составляет самую южную часть Сыртовой равнины с абсолютными отметками 50 — 80 м. Равнина слабо расчленена реками преимущественно южного направления, из них реки Большой и Маленькой Узени являются бессточными. Глубина эрозионного

вреза рек не превышает 20 — 40 м. Реки прорезают желто-бурые покровные среднечетвертичные глины, долины их углублены в плиоценовые отложения (сыртовые глины), которые обнажаются в береговых обрывах. Склоны долин в основном имеют плавные очертания и характеризуются слабо выраженным асимметричным строением: левый склон менее крутой, террасы представлены полней и четче выражены. Балочная сеть имеет широкое распространение. Все балки характеризуются большой протяженностью.

В пределах Сыртовой равнины первый от поверхности сплошной водоносный горизонт залегает глубоко под толщей сыртовых глин. Водовмещающей толщей являются подсыртовые (апшеронские) пески, мощность которых изменяется от 5 до 20 м, пески не имеют сплошного распространения, линзовидно чередуются с суглинками. Водовмещающая толща имеет наклон с севера на юг и с востока на запад, соответственно чему и изменяется напор апшеронских вод. Воды соленые лишь в пределах увалов, а также в днищах крупных долин, а где апшеронские пески выходят на дневную поверхность, воды опреснены. Это обстоятельство указывает на застойный характер вод, что может найти объяснение в резко неоднородном составе пород водовмещающей толщи: песчаные горизонты линзовидно залегая не соединяются между собой.

Особенностью гидрогеологии Сыртового Заволжья является верховодка, представляющая собой локальные водоносные горизонты в мощной толще сыртовых глин [46,70,71,72,75,76,82,89]. Вопрос о существовании верховодки является главным в гидрогеолого-мелиоративной оценке Сыртового Заволжья. Правильное объяснение этого вопроса даст возможность правильно обосновать мелиоративное освоение земель. Толща сыртовых глин имеет мощность до 60 м, значительно больше глубины расчленения равнины балками. Фильтрационные свойства сыртовых глин изучены слабо в связи с тем, что

в настоящее время отсутствуют строгие методы изучения водопроницаемости глинистых пород. Изучение водопроницаемости сыртовых глин традиционными способами показало, что коэффициенты фильтрации их прогрессивно уменьшаются книзу, изменяясь в среднем по глубинам (м/сутки): 0-5 м — 0,02-0,20, 5-10 м — 0,005-0,02, 10-20 м — 0,001-0,01, 20-30 м — 0,001. С глубины 25 – 30 м глины считаются водоупорными, в пунктах инфильтрации на них образуются верховодки. Однако в материалах гидрогелогических съемок этому обстоятельству никаких доказательств не приводится. О взаимодействии верховодки с основным водоносным горизонтом единого мнения нет.

Толщу сыртовых глин часто разделяют на три горизонта (по Саваренскому [88]: желто-, коричнево- и красно-бурые глины. Однако такое членение толщи в настоящее время встречает существенные возражения. Для решения гидрогеологических задач толщу сыртовых глин следует разделять по плотности и водостойкости на верхний слой относительно рыхлых неводостойких пылеватых глин (по В.А. Вострякову — желто-бурые суглинки среднечетвертичного возраста) и нижний, более мощный горизонт плотных водостойких (не размокают в воде) плиоценовых глин. Мощность горизонта пылеватых глин изменяется от 10 – 15 м, на вершинах водоразделов, до 20 – 25 м — в днищах ложбин стока. Нижний горизонт не представляет собой монотонной толщи ни по цвету, ни по плотности сложения. Характерно, что в разных рельефных ситуациях (на вершине водораздела или на его склонах) нижний горизонт сыртовой толщи (плиоценовые глины) имеет разное сложение, выражающееся в количестве и мощности горизонтов погребенных почв и соответственно этому в количестве, мощности, агрегатном строении и цвете разделенных почвами горизонтов породы.

По данным минералогических исследований [8], выполненных сотрудниками Саратовского университета (1978) сыртовые глины имеют

алевролитовую структуру, на 80-85 % сложены бурой пелитовой массой. Минералогический состав пелитовой фракции по разрезу сравнительно однородный и представлен глинистыми минералами (50-60%) и дисперсно рассеянными карбонатными солями (40-50%). Из глинистых минералов почти в равных количествах отмечаются: гидрослюды, монтмориллонит, хлорит; каолинит имеет подчиненное значение. Песчано-алевритовая фракция состоит преимущественно из кварца (60-77%) и полевого шпата (14-26%).

Гранулометрический состав и структурная неоднородность сыртовых отложений тщательно изучались Н.В.Кулаковым [46], который делает вывод о том, что содержание глинистой фракции с глубиной нарастает, погребенные почвенные горизонты имеют относительно рыхлое сложение и поэтому являются коллекторами для верховодки. Эти выводы согласуются и с нашими наблюдениями.

Речные долины

В Заволжье широко развиты и четко выделяются надпойменные террасы р. Волги и р. Бол. Иргиз. В долине Волги выделяются 5 надпойменных террас [12,13]. Три террасы верхнечетвертичного (хвалынского) возраста. Первые две террасы плоские аллювиально-лиманные, третья же терраса имеет значительную эрозионную переработку и слабо выраженный увалисто-водораздельный характер.

В долинах крупных притоков Волги наблюдается обычно одна терраса, соответствующая нижнехвалынскому возрасту с абсолютными отметками поверхности 45 – 50 м. У рек Высокой области Сыртовой равнины отметки этой террасы достигают 60 – 65 м, нижне- и среднехвалынская террасы сложены глинами и суглинками, а верхнехвалынская (сарпинская) — преимущественно песками. Четвертая

надпойменная терраса среднечетвертичного возраста имеет абсолютные отметки поверхности 55 – 60 м. Максимальная ширина террасы достигает 10 – 20 км. Терраса расчленена балками на увалообразные водоразделы. Ложе террасы сильно переуглублено, почти повсеместно находится ниже уровня современной нулевой поверхности (до минус 20 – 30 м абсолютной высоты). Терраса сложена песками, супесями, суглинками и глинами, в толще отложений содержится большое количество грубого обломочного материала (гравий, галька, валуны), что делает эту территорию весьма специфичной в гидрогеологическом отношении: наиболее мощные и водообильные водоносные горизонты пресных вод в Заволжье связаны с эрозионным врезом Волги в хазарское время; преимущественно уровнем хазарской террасы контролируется уровенная поверхность подземных вод.

Самой древней и самой высокой террасой является 5-я надпойменная терраса. Поверхность ее погребена под лессовидными покровными суглинками и глинами, в современном рельефе эта терраса совершенно не выражена и выделяется условно по комплексу аллювия, отличного от сыртовых отложений. Средняя абсолютная высота террасы 70 – 80 м, севернее р. Бол. Иргиз поднимается до 90 – 95 м. Ширина террасы 4 – 7 км, реже до 10 – 15 км.

По морфологическим признакам в Заволжье выделяется единая увалистая (слабопересеченная) равнина, сложенная верхнеплиоцен-четвертичными глинистыми породами. Характерной чертой увалистой равнины, объединяющей верхнеплиоценовые сырты и террасы рек (кроме хвалынских плоских террас), является расчленение местности на увалообразные водоразделы и их склоны системой последовательно развивающихся ложбин стока, балок и малых речных долин. Поверхности водоразделов и их склоны также представляют собой систему увалов. Расчленение местности не нарушает сплошного распространения мощного слоя глинистых отложений, слагающих рельеф. В среднем мощность слоя

покровных глинистых отложений изменяется от 15 – 30 м на террасах рек, до 50 – 70 м – на сыртах. Важным с точки зрения гидрогеологии увалистой равнины является наличие глинистого покрова повсеместно, включая и днища долин. Выходы на дневную поверхность песчаных и выветрелых полускальных пород здесь имеют весьма ограниченное распространение. Подземный сток в речные долины весьма мал и характерен преимущественно периферийной части увалистой равнины. Впечатление о реках складывается здесь в основном за счет плесовых озер в днищах долин. Питание плесовых озер осуществляется за счет долинной верховодки. По периферии увалистой равнины, там где эрозионные системы прорезают глинистый чехол, формируется мощный водоносный комплекс с пресными водами. Дренируется водоносный комплекс р. Волгой и р. Бол. Иргизом. Локальная разгрузка небольшой интенсивности наблюдается лишь в наиболее крупных притоках этих рек.

Обращаем внимание на то, что даже беглый анализ водопроницаемости рельефообразующих пород по их литологическому составу свидетельствует о чрезвычайной неравномерности питания водоносных горизонтов и ведущую роль в этом процессе определенных форм рельефа и типов местности. Основные различия рассмотренных геоморфологических областей с точки зрения гидрогеологии заключаются в большой разнице в сплошности (повсеместности) распространения и мощности глинистого покрова, затрудняющего или практически исключающего питание водоносных горизонтов. Наиболее мощные водоносные горизонты пресных вод тяготеют к крупным долинам. Для гидрогеологического картирования важно поэтому раскрыть роль элементов рельефа разного порядка в питании и разгрузке водоносных горизонтов, а также отразить фильтрационные свойства глинистого покрова.

1.2 О классификации элементов рельефа

Научный анализ структурных особенностей рельефа должен основываться на строгом методе построения морфологических карт и соответственно этому – на строгой историко-генетической классификации элементов рельефа.

Научной строгостью, практически неограниченной информативностью и четкостью аналитического содержания являются морфометрические карты, построенные по методу В.П. Философова [70-82, 94-97, 98-101].

Этот метод предусматривает:

1) порядковую ранжировку долин и водоразделов;

2) построение базисных и гидробазисных поверхностей в соответствии с порядками долин;

3) построение карт остаточного рельефа разного порядка;

4) построение карт погребенного рельефа.

Основой всех морфометрических построений является классификация долин и водоразделов.

В.П. Философовым предложено несколько классификаций долин и водоразделов. Эти классификации отражают историко-генетически обусловленные системы связи эрозионных форм рельефа. При классификации долин различаются дихотомическая, монотомическая и политомическая системы. Логическим основанием в дихотомической системе является правило: порядок долины возрастает после слияния двух однопорядковых долин. Например, от слияния двух элементарных долин 1-го порядка (ложбины стока, в которые не впадает ни одна долина) образуется долина 2-го порядка; от слияния двух долин 2-го порядка образуется долина 3-го порядка и т.д. Впадение долин младшего порядка в долину старшего порядка не увеличивает порядок последней. Дихотомическая классификация позволяет легко выделить основные

долины и объективно оценить их соподчиненность (см. рис.1-а), в историко-генетическом отношении она отражает структуру геодинамической и гидродинамической систем по признакам симметрии - асимметрии.

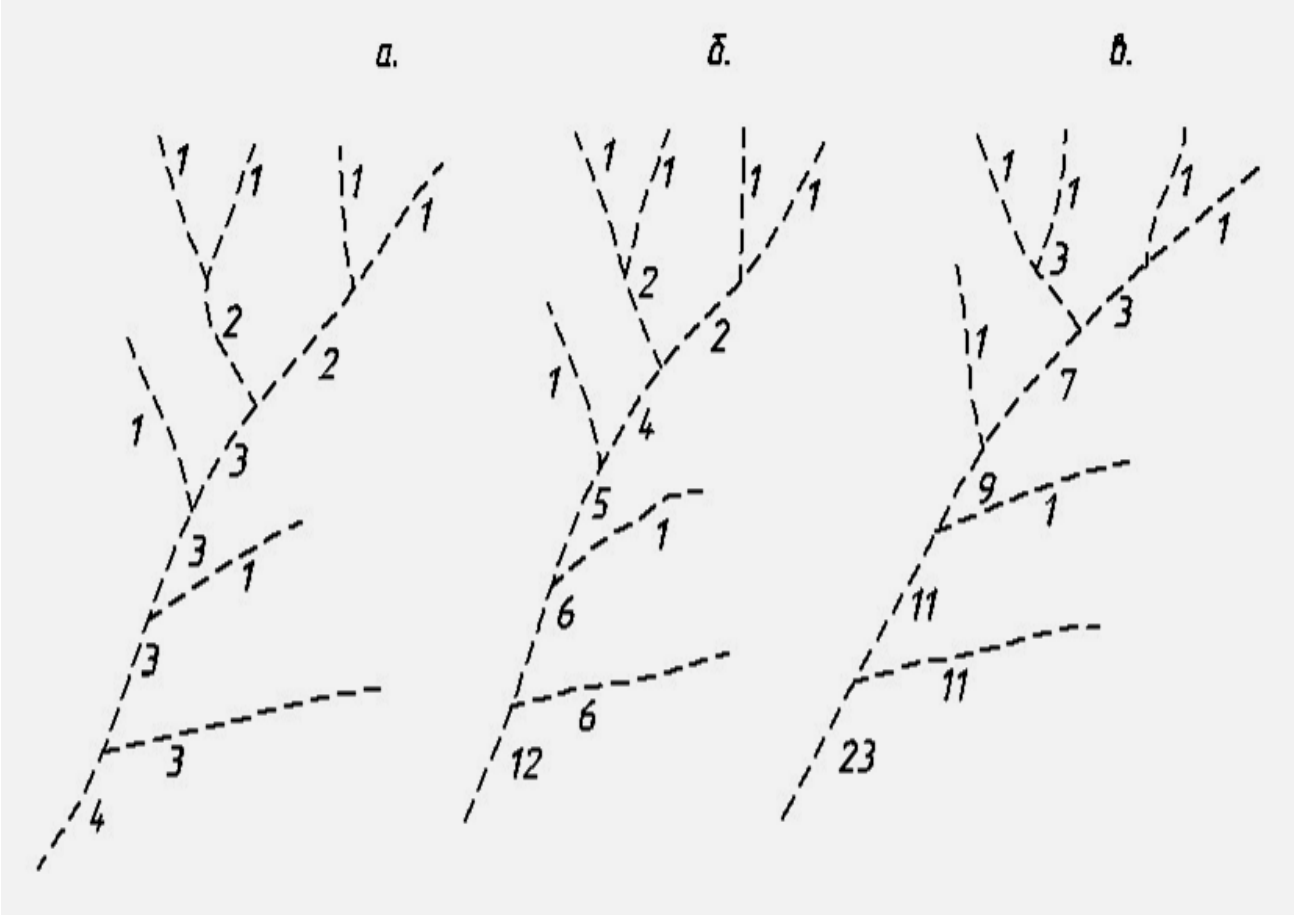


Рис.1 Классификация долин по В.П. Философову:
а – дихотомическая система;
б – монотомическая система;
в – политомическая система.
Цифрами обозначаются порядки долин.

При монотомической классификации порядок долин устанавливается по числу входящих в систему элементарных долин. Например, от слияния двух элементарных долин 1-го порядка образуется долина 2-го порядка, от впадения в долину 2-го порядка элементарной долины 1-го порядка

образуется долина 3-го порядка, при слиянии двух долин 2-го порядка образуется долина 4-го порядка и т.д. (см.рис.1-б).

Монотомическая система наилучшим образом отражает разветвление долиной сети, условия формирования поверхностного и подземного стока. В монотомической системе каждому порядку долины будет соответствовать определенная величина водосборной поверхности, количество и порядки долин питающих и дренирующих водоносные горизонты. В соответствии с этим монотомическая система находит применение для решения конкретных гидрогеолого-мелиоративных задач: оконтуривание инфильтрационных потоков, установление водоразделов грунтовых вод, оконтуривание верховодки, размещение дренажа на оросительных системах.

В политомической системе порядки присваиваются в соответствии с числом рассматриваемых участков долин. Например, две элементарные долины, сливаясь образуют долину третьего порядка. Впадение элементарной долины (четвертой по счету) в долину третьего порядка приводит к образованию долины пятого порядка (см.рис. 1-6). Подобным же образом устанавливается порядок и при слиянии сложных долин. Замечательным свойством этой классификации является то, что в в ряду порядков отсутствуют четные числа. Это обстоятельство в большей степени в сравнении с вышерассмотренными системами подчеркивает индивидуальность каждого участка долины, обусловленность его образования определенным сочетанием других долин младшего порядка, что отражается непоследовательностью скачками роста порядков. Она открывает новые возможности для исследования симметрии геодинамических систем. Политомическая система расширяет морфометрический анализ плоских и слабопересеченных поверхностей в связи с чем может найти применение при проектирование оросительных систем и изучении распределения влагозапасов на орошаемом поле и т.д.

Отмеченные классификации долин используется для ранжировки водораздельных линий. В.П. Философов выделяет независимую и зависимую классификацию водораздельных линий. При независимой классификации порядки водораздельных линий устанавливается исходя из последовательности их сочленения. При зависимой системе порядки водораздельных линий устанавливаются в зависимости от порядков разделяемых долин.

Связь структуры линейных элементов рельефа с гидрогеологическими условиями исследована еще слабо. Использование морфометрической классификации рельефа при гидрогеологических исследованиях приведет к обоснованной схематизации гидро-геологических условий.

В гидрогеолого-мелиоративном отношении ложбины стока является наиболее важными элементами рельефа орошаемых полей. Как показано в работах [70,71,72] при производстве гидрогеологических исследований ложбинам стока внимание практически не уделяется, что ведет к накоплению недостоверной гидрогеологической информации, затрудняющей решение практических задач. В книге, посвященной геоморфологическому картированию равнин [13] дается следующее определение: «Ложбина стока – отрицательная линейная форма с относительно плоским дном без четко выраженного русла и пологими склонами, не имеющими четкой бровки. Крутизна склонов не превышает 1,0-2,0; ширина ложбин стока в среднем 5,0-6,0 м, глубина колеблется в пределах 0,2 – 2,0м. Длина достигает несколько сот метров. Как правило, они распахиваются». Следует обратить внимание на то, что сочленение ложбин с выпуклыми участками водоразделов весьма постепенное, строгие контуры ложбины установить невозможно. По характеристике ложбин имеются разные мнения. Например В.П. Философов указывает, что глубина ложбин не превышает 0,5 – 0,7 м, а ширина до 2,0 м, углы

склонов до 30 минут. Ложбины – это простые линейные формы 1-го порядка определенным образом соединяющиеся в сложные системы – ложбины более высоких порядков. Ложбины возникают в результате перехода струйчатого и плоскостного стока в линейный. Обычно образуется система линейных углублений – собственно ложбин – расположенных на общем понижении местности согласно склону водораздела. Ложбины переходят в лога, которые представляют собой переходную форму между ложбинами и балками. Часто ложбины переходят в промоины и овраги, возникающие на склонах балок и речных долин. Площадь водосбора элементарных долин (ложбин стока 1-го порядка) редко превышает 3-5 га; водосбор ложбин 6-го порядка по монотомической системе достигает 200-500 га, а ложбин стока более 10-го порядка составляет 1000-1500 га.

Долина первого порядка – понятие не строгое. На картах разного масштаба это будут разные долины. Для решения гидрогеолого-мелиоративных вопросов следует применять топографические карты масштаба 1: 10000, на которых основные формы рельефа орошаемых полей (ложбины стока) отражаются практически полно. За долину (ложбину) первого порядка принимается полая линейная форма рельефа, отражающаяся на карте масштаба 1: 10000 вогнутым рисунком горизонталей. Как форма, указывающая на место происхождения линейного стока, ложбина значительно уже общего углубления в рельефе, отображаемого на топографической карте изгибом горизонталей. В этом случае наиболее правильное определение ложбины дается В.П. Философовым. Однако место происхождения потока поверхностных вод по днищу понижения непостоянное, на картах не отражается. Кроме этого днище ложбины имеет расширения и переуглубления. Поэтому ложбину стока практически удобно отождествлять некоторым образом с понижением склона, картируемым изгибом горизонталей рельефа,

оконтуривая выположенную вогнутую часть бухтообразного склона. В таком случае ширина ложбин составляет 100-150 м, реже более 300 м. Строго отделить ложбину от лога или лог от балки сложно. Ложбинами следует называть верхнюю часть сети суходолов, днище и склоны которых распахиваются. До перехода в лог порядки ложбин по дихотомической системе нарастают от 1 до 3, реже (в Заволжье) до 4. По монотомической классификации порядок ложбин до перехода в лог достигает 20-30, реже превышает 100-150.

Логом следует называть вершинную часть балки, глубиной до 2-3 м с выраженной бровкой и пологими склонами, днище плосковогнутое. Лог обычно представляет собой место резкого сужения, относительно полной развивающейся системы ложбин. Он четко обособляется от «днища» бухтообразного склона.

Балка представляет собой хорошо разработанную долину с выраженным днищем и склонами. Балки имеют глубину от 3 до 40 м и более. В совокупности с системами ложбин в собственном бассейне стока балки представляют собой суходолы с установившейся ранжировкой. Порядки балок по дихотомической системе изменяются от 3 до 5, реже (в Заволжье) до 7. В отличие от речных долин в балках отсутствует разгрузка подземных вод.

Овраги и промоины чаще всего развиваются на склонах долин, реже в их днищах. Это очаги современной прогрессирующей эрозионной деятельности водных потоков, нарушающие установившуюся (равновесную) ранжировку долинной сети. Порядки оврагов и промоин обычно соответствуют порядкам впадающих в них ложбин или логов.

Долины, в которых имеются малые постоянные водотоки или высачивание подземных вод назовем долинами локальной разгрузки подземных вод. Речные долины представляют собой региональные дрены с постоянным водотоком.

Рассмотренная классификация элементов рельефа пригодна для изучения гидрогеологических условий денудационных равнин. Она конечно не является совершенной, однако даст возможность прослеживать связь гидродинамических и рельефных структур и мобилизовать гидронндикационные признаки для решения гидрогеологических вопросов. Гидрогеологическая роль ложбин стока, логов, оврагов и балок обусловливается локализацией в них поверхностного стока и накоплением снежных масс. Резкое увеличение водосборной поверхности и толщины снежного покрова отмечается, начиная с ложбин 6-го порядка. Этим обстоятельством, очевидно, и объясняется связь верховодки с долинами 6-го и выше порядков, отсюда начинается гидрогеологическая роль долин.

Гидрогеологические съемки для целей мелиорации проводятся обычно на топооснове масштаба 1: 50000 – 1: 200000, на которых рельеф отражается неполно. Поэтому карты порядков долин и водоразделов необходимо строить по крупномасштабным картам (масштаб 1: 10000), а затем уменьшать до требуемого масштаба с сохранением всех элементов строения эрозионных и водораздельных систем. Учет этого обстоятельства ведет к качественной перестройке гидрогеолого - мелиоративных исследований, повышению их разрешающей способности. Перенесение элементов структуры рельефа, отражающих условия питания водоносных горизонтов на оросительных системах с крупномасштабных карт на мелкомасштабные схемы проектных решений (генпланы) чрезвычайно важно для экспертизы проектов, то есть для управления качеством проектирования.

1.3 Схематизация гидрогеологических условий.

Схематизация гидрогеологических условий в общем виде представляет собой районирование территории по типам гидрогеологических структур (например, артезианских бассейнов), а для ограниченных территорий – отнесение их к тому или иному артезианскому бассейну, или его отдельным частям. В мелиоративной гидрогеологии особо важное значение имеет глубина залегания грунтовых вод, соответственно чему наибольшую значимость имеет райопированные территории по глубине их залегания. Основой такого райорирования служит карта гидроизогипс, от точности построения которой зависит достоверность гидрогеологических прогнозов. Точность построения карты гидроизогипс зависит от количества точек замера, уровня грунтовых вод, достоверности измерений, а также от размещения точек наблюдений относительно гидродинамических зон. Для повышения эффективности гидрогеологических исследований необходимо применять методы, позволяющие предварительно выделить гидродинамические зоны. Решение этой задачи существенно облегчается морфометрическими исследованиями.

Основой морфометрического анализа гидрогеологических условий является изучение строения рельефа и гидросети в совокупности со всеми гидроиндикационными признаками, которые могут быть найдены при изучении крупномасштабных карт и фотосхем или установлены специальными разведочными и геолого-съемочными работами.

Различаются два направления или два варианта схематизации гидрогеологических условий:

1) региональный, основанный на построении анализе карт гидробазисной поверхности;

2) локальный вариант, основанный на оконтурировании зон питания и разгрузки подземных вод.

Методика построения карт гидробазисной поверхности и возможности их использования рассмотрены в работах [98,99,100,101].

Для определения морфометрическим методом глубины залегания первого от поверхности постоянного водоносного горизонта выполняют по предложенной В.П. Философовым схеме следующие операции: на топографической карте крупного масштаба поднимают все реки, в том числе пересыхающие, подписывая абсолютные отметки уреза воды. Так как на картах отметок уреза воды мало, то необходимо учитывать места пересечения горизонталями речных русел. Получив ряд точек уреза воды в реках (озерах) с одинаковыми высотами, соединяют их плавными изолиниями, секущими водоразделы. Данные линии или изогидробазиты, являются линиями предполагаемой поверхности грунтовых вод. Оконтурив бассейны рек, начиная с 1-го порядка, можно по карте гидробазисной поверхности примерно установить количество и глубину залегания водоносных горизонтов. В речных бассейнах 1-го порядка обычно наблюдается один водоносный горизонт, в бассейнах второго порядка – два и т.д. Используя порядковую последовательность изменения водности реки при камеральной подготовке гидрогеологических исследований возможно составить схему зон питания водоносных горизонтов и контуров артезианских бассейнов разного порядка. Малые артезианские бассейны приурочены к отдельным синклинальным складкам, большие же – к синеклизам или антеклизам. Важно не только построение карты гидробазисной поверхности. Важно также «чтение» карты гидробазисной поверхности; выявление и объяснение особенных элементов ее строения: зон питания и разгрузки водоносных горизонтов.

1.3.1 Вариант региональной схематизации гидрогеологических условий.

Для определения морфометрическим методом глубины залегания первого от поверхности постоянного водоносного горизонта выполняют следующие операции по предложенной В.П. Философовым схеме:

На топографической карте крупного масштаба поднимают все реки, в том числе и пересыхающие, подписывая абсолютные отметки уреза воды. Балки, овраги, промоины и другие виды сухих долин при этом не учитываются. Так как на картах отметок уреза воды мало, то необходимо учитывать места пересечения горизонталями речных русел. Получив ряд точек уреза воды в реках (озерах) с одинаковыми высотами, соединяют их плавными изолиниями, секущими водоразделы. Данные линии или изогидробазиты являются линиями предполагаемой поверхности грунтовых вод. Высоты изогидробазит подписывают согласно понижению склона по правилам, установленным для горизонталей. Сечения изогидробазит обычно соответствуют сечению горизонталей. При построении карты гидробазисной поверхности необходимо учитывать следующее обстоятельство: изогидробазиты должны пересекать русла рек всегда под прямым углом. Для точного проведения изогидробазит в местах пересечения горизонталями линий русла наносят перпендикуляры в виде коротких отрезков прямых, равных ширине днища долины. Изогидробазиты имеют те же свойства, что и горизонтали: они не могут пересекаться или касаться друг друга. Они не могут быть проведены ниже одновысотных горизонталей или пересекать их. Выполнение этих условий позволяет устранить субъективные моменты при построении карт.

Наблюдения в Поволжье показывают, что порядок рек без учета сухих долин примерно соответствует количеству водоносных горизонтов в пределах их бассейнов. Оконтурив бассейны рек, начиная с 1-го порядка, можно по карте гидробазисной поверхности примерно установить

количество и глубину залегания водоносных горизонтов. В речных бассейнах 1-го порядка обычно наблюдается один водоносный горизонт, в бассейнах 2-го порядка — два и т. д. Используя порядковую последовательность изменения водности реки при камеральной подготовке гидрогеологических исследований возможно составить схему напорных поверхностей водоносных горизонтов и контуров артезианских бассейнов разного порядка. Малые артезианские бассейны приурочены к отдельным синклинальным складкам, большие же — к синеклизам или впадинам.

Исследование гидробазисных уровней полезно проводить при решении региональных и локальных гидрогеологических задач.

Следует рассматривать два этапа изучения гидробазисной поверхности. На первом этапе гидробазисная поверхность строится для предварительных обобщений при организации гидрогеологических съемок. Независимо от масщтаба изготовляемой схемы гидробазисной поверхности сведения о водопроявлениях снимаются с крупномасштабных карт. Выявленные на первом этапе представления о гидрогеологических условиях изучаемой территории (области питания и разгрузки подземных вод) уточняются в последующем при проведении гидрогеологической съемки или разведки. Второй этап изучения гидробазисной поверхности производится при составлении отчетов по гидрогеологическим съемкам. На втором этапе анализ заключается в объяснении картируемых водопроявлений. Разумеется, что разделение исследований на этапы условно. Этим подчеркивается, что достоверную гидрогеологическую информацию возможно получить лишь при сравнении разведочных данных с региональными, полученными морфометрическим методом. Так производится дешифрирование объекта и устранение ошибок, полученных при разведке.

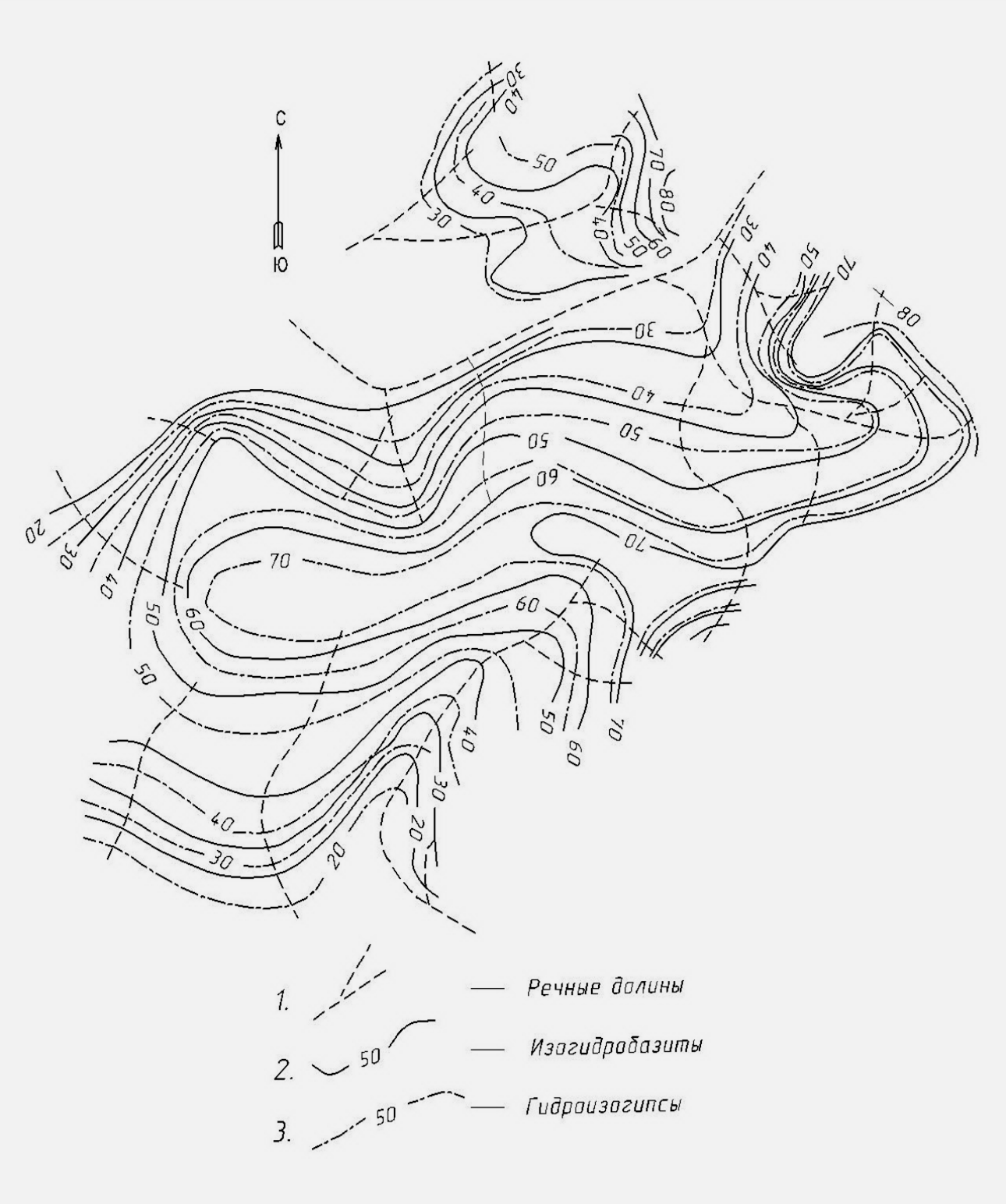


Рис.2 Схематическая карта гидробазисной поверхности увалистой Сыртовой равнины Саратовского Заволжья: 1 — речные долины; 2 — изогидробазиты; 3 — гидроизогипсы.

Как показано нами [70,79], важно не только построение карты гидробазисной поверхности, но также и развитие на ее основе представлений о гидрогеологических особенностях объекта исследований, составление рабочей гипотезы на основе классификации гидрогеологических условий.

На рис.2 приводится схема гидробазисной поверхности увалистой равнины Саратовского Заволжья. Из анализа ее видно, что здесь имеет место в основном питание водоносных горизонтов (гидробазисная поверхность в основном имеет выпуклый характер), хотя питание подземных вод здесь весьма слабое, приурочено к участкам суходолов: регионально распространенный первый от поверхности водоносный горизонт (подсыртовые пески) местом разгрузки имеет лишь региональные дрены (р. Волга, р. Б. Иргиз).

Вогнутый характер изогидробазисных линий отмечается лишь в пределах высокой области Сыртовой равнины (каменный сырт, синие горы), где происходит и питание и локальная разгрузка вод меловых отложений. Из анализа гидробазисной поверхности ясен региональный план гидрогеолого-съемочных работ — дать ответ на следующие вопросы:

1) каким образом формируется напорная область апшеронских вод;

2) чем конкретно можно объяснить существование локальных водоносных горизонтов (верховодки) в системе суходолов.

При рассмотрении топографической карты свидетельством о разгрузке водоносного горизонта в долинах является наличие водотока или плесовых озер. Если рельефообразующие породы представлены глинами (например, сырты), выход подземных вод маскируется.

В этом случае в переуглублениях днища долины могут формироваться небольшие плесовые озера, питающиеся поверхностными водами, верховодкой или сбросами воды из прудов или ирригационных

систем. Тогда гидробазисная поверхность, построенная по вышерассмотренным правилам, является мнимой, превышающей отметки гидроизогипс. Убедиться в этом можно в результате проведения полевых работ или обобщения материалов гидрогеологических съемок.

Например, по материалам гидрогеологических исследований в области увалистой равнины уровень первого от поверхности сплошного водоносного горизонта (подсыртовые пески) не превышает 70 м. Поэтому картированные в днищах долин водопроявления с отметками выше 70 м следует связывать с верховодкой или сбросами воды из прудов. В таком случае сравнение гидробазисной поверхности (мнимой) с уровенной поверхностью основного водоносного горизонта представляет собой один из способов доказательства локального питания подземных вод, а также водоупорности рельефообразующих пород. Иными словами, извлеченные морфометрическим анализом факты служат для предварительного объяснения ситуации, но, будучи объясненные с позиции гидрогеологической разведки, становятся важнейшими фактами для понимания и использования разведочной информации.

В гидрогеологии предполагается связь водоносных горизонтов через «окна фильтрации». Морфометрический метод выявляет очаги инфильтрации, которые в условиях распространения слабоводопроницаемых и относительно водоупорных рельефообразующих грунтов сами по себе представляются локальными водоносными горизонтами — верховодками. В условиях фильтрующих грунтов в днищах суходолов формируется водонапорная зона регионально распространенных водоносных горизонтов. Перетекание вод из одного горизонта в другой также раскрывается при анализе речных долин. Таким образом, очаговый характер питания артезианского бассейна может быть выражен картографически с помощью морфометрического метода.

Схема гидробазисной поверхности увалистой равнины является наиболее убедительным доказательством тому обстоятельству, что широкое развитие орошаемого земледелия здесь могут вызвать лишь локальные изменения гидрогеологических условий непосредственно в местах существенного нарушения водного баланса. Это подтверждается фактически. Например, по мере сельскохозяйственного освоения земель в области увалистой равнины (начиная с дореволюционного периода) наблюдается систематическое строительство прудов и водоемов. В настоящее время здесь функционирует сеть оросительных и обводнительных каналов. Но это практически мощное воздействие на режим питания грунтовых вод не сказывается на модуле подземного стока [45]. Это обстоятельство объясняется исключительно низкими фильтрационными свойствами рельефообразующих пород.

Следовательно, в водном балансе оросительных систем подземным стоком в некоторой степени можно пренебрегать и, напротив, главное место должно быть уделено поверхностному стоку, условиям его регулирования. Строительство каналов, дорог, плотин, подача огромных количеств воды на водоразделы будет способствовать возникновению очагов застоя поверхностных вод и связанного с ними локального переувлажнения и засоления почв. На действующих оросительных системах эти явления наблюдаются.

Показательна в этом отношении гидрогеологическая обстановка в г. Ершове. Здесь задержка поверхностного стока в ложбинах плотинами и дамбами, наличие многочисленных сливных ям, высокие потери воды в подземных трубопроводах привели к образованию верховодки, с которой лишь местами связано засоление почв, затопление подвалов и т.д. На повышенных местах в городе верховодки нет. Грунтовые воды залегают на глубине 33,0 м.

Вопрос регулирования поверхностного стока особенно касается суходолов Заволжья, включая и ложбины стока. Потоки поверхностных вод, имея естественные пути прохождения на оросительных системах встречают существенные преграды: каналы, насыпные дороги, оградительные валы и т. д.

Таким образом, сообразуясь с региональными гидрогеологическими условиями, мы приходим к необходимости учета в решении гидрогеологических вопросов локальных гидродинамических зон в значительной степени зон (очагов) питания грунтовых вод.

Необходима классификация гидродинамических зон по внешним признакам (по элементам и структурам рельефа) с тем, чтобы облегчить и упорядочить полевые исследования, строго ориентировать мелиоративное строительство: размещение полевых машин, каналов, водоемов и т. д. Морфометрический метод запрещает производить схематизацию гидрогеологических условий без выяснения связи рельефных и гидродинамических структур.

1.3.2 Вариант локальной схематизации гидрогеологических условий.

Специфика морфометрического подхода в гидрогеологических исследованиях заключается в том, что при изучении топографических карт и материалов аэрофотосъемки детальному анализу подвергается следующая информация [79,98,99]:

1) порядок и длина постоянных и периодически пересыхающих водотоков;
2) уклоны водотоков;
3) характер продольного профиля водотоков с учетом порядка долин;
4) наличие перерывов в пределах закартированных водотоков;
5) плановый рисунок водотоков (меандры, рукава, расширения, пережимы);
6) западины, верховые и низинные озера;
7) песчаные и каменистые осыпи;
8) террасы, конуса выноса, прирусловые валы;
9) болота;
10) ложбины стока, седловины и суходолы;
11) гидробазисные уровни;
12) останцы выветривания;
13) растительные ассоциации (леса, луга, кустарники, пашни);
14) гидротехнические сооружения (каналы, пруды и др.).

С использованием этой информации составляются схемы распространения очагов питания и разгрузки подземных вод.

Для разработки гидрогеолого - мелиоративных прогнозов большое значение имеет вопрос о картировании верховодки, изучения условий ее образования и распространения на богарных и орошаемых землях. Под верховодкой здесь мы понимаем локально распространенные постоянные

водоносные горизонты, связь которых с регионально распространенным потоком грунтовых вод весьма слабая либо отсутствует вовсе. Необходимость выделения такой категории подземных вод на рассматриваемой территории сложилась в основном для Сыртового Заволжья. Однако более детальный анализ этому явлению и выявленные связи его с определенными рельефными условиями позволяет рассмотреть его значительно шире. Динамика верховодки – важнейшее звено в цепи гидрогеологических изменений в связи с орошением земель.

В работе [70] рассмотрен вопрос оконтуривания верховодки на Сыртах. Для этой цели используются карты порядков долин, седловин и водоразделов. Порядки долин устанавливают по монотонической системе, а порядки седловин и водоразделов – по дихотомической системе (рис. 3). При построении карты верховодки используются крупномасштабные топографические карты и фотосхемы. Опыт показывает, что долинная верховодка приурочена к суходолам (ложбинам и балкам) шестого порядка и выше. Верховодки выклиниваются в сторону водораздела. Как правило, в 200-300 м от тальвега верховодки нет.

Гидрогеологическая роль ложбин стока, логов, оврагов, балок и других суходолов связывается с локализацией в них поверхностного стока и накопление снежных масс. Толщина снежного покрова в долинах зависит от их относительной глубины. Резкое увеличение толщины снежного покрова отмечается, начиная от ложбин 6-го порядка (по монотонической системе).

В днищах ложбин инфильтрация атмосферных осадков происходит не только весной и осенью, но частично и зимой в период оттепелей. В условиях мелиорации земель в суходолы поступает ирригационный сток. Роль суходолов в питании подземных вод существенно усиливается в связи со строительством водохранилищ и водоемов — накопителей.

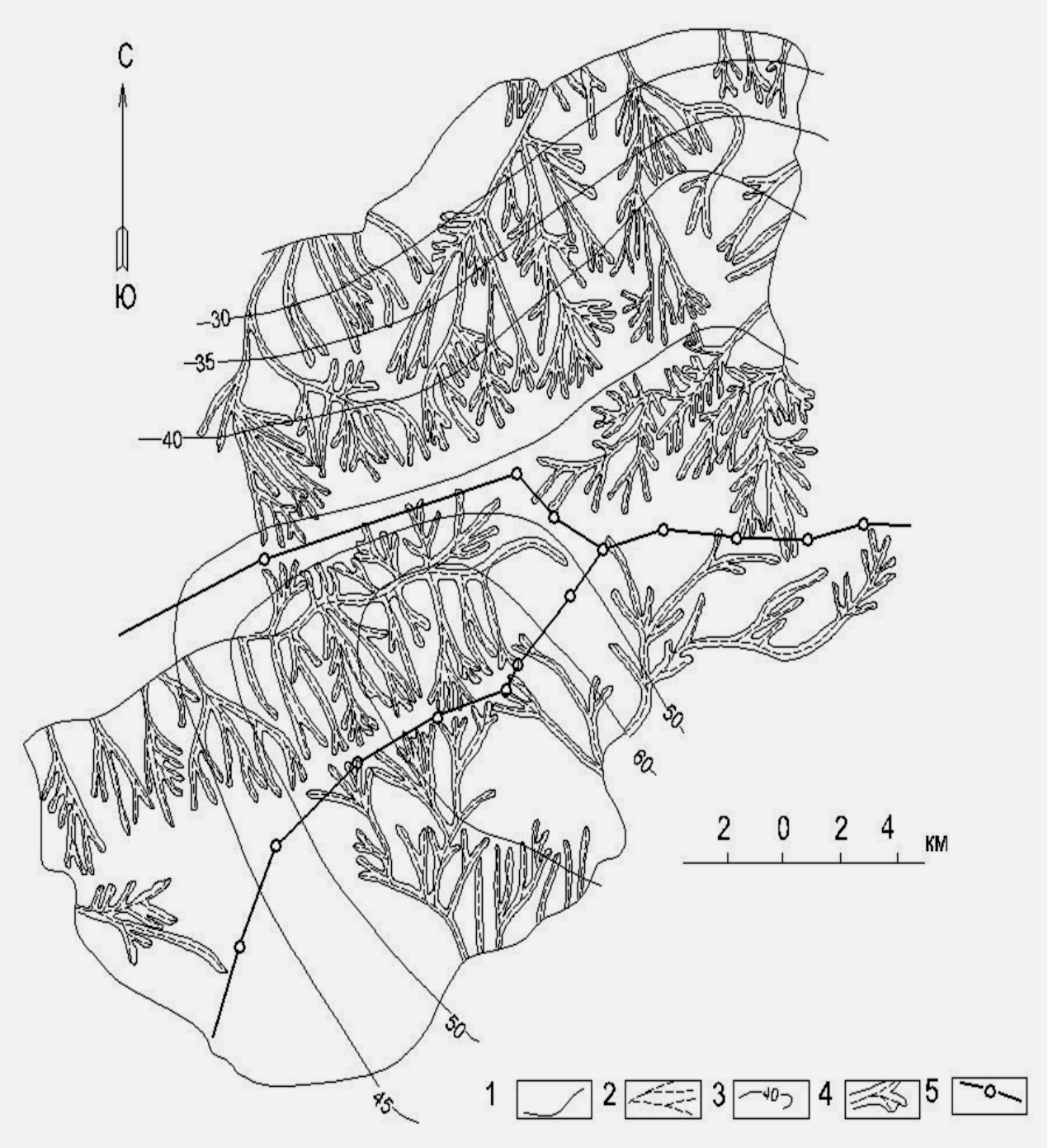


Рис.3 Схематическая карта гидрогеологического районирования Приволжской оросительной системы II-й очереди строительства в Саратовской области: 1 – постоянные водотоки; 2 – ложбины стока старше 6-го порядка; 3 – изогидробазиты; 4 – контур распространения верховодки; 5 – границы гидрогеологических районов.

Немаловажное значение в гидрогеологическом отношении имеют седловины водоразделов. В Заволжье, где рельефообразующие породы

представлены глинами, к седловинам приурочены верховодки. В Правобережье седловины нередко представляют собой локальные дрены. В наибольшей степени гидрогеологическая роль седловин проявляется на широких плоских водоразделах. Здесь седловины усложнены многочисленными западинами и котловинами эфемерных озер, в которые впадают ложбины стока. Верховодку, приуроченную к седловинам (в отличие от долинной верховодки) условимся называть плакорной верховодкой. Возможно, что верховодка плакорного типа – это воды захороненных верховых озер. Контур плакорной верховодки следует проводить по вершинам выпуклых участков поверхности.. В ряде случаев верховодка плакорного и долинного типов соединяются в единый контур.

Существует верховодка притеррасная, останцов выветривания.

Притеррасная верховодка характерна для речных долин, имеющих плоские, плоско-вогнутые террасы хвалынского возраста, сложенные глинистыми породами. Разновидностью ее являются верховодки конусов выноса суходолов на плосковыпуклых участках террас.

Верховодка останцов выветривания образуется на вершинах водоразделов, в зоне распространения каменистых почв. Это явление наиболее характерно для Приволжской возвышенности. Нередко верховодка останцов выветривания дренируется ложбинам и седловинами. Окунтирование верховодки останцев выветривания возможно осуществить по выходам родников и растительным ассоциациям. Для этой цели полезно использовать аэрокосмические снимки.

Мелиоративное строительство ведет к образованию верховодки ирригационного типа. Например, образование приканальной верховодки в Сыртовом Заволжье. Однако следует иметь в виду, что на оросительных системах мелиоративное строительство в основном ведет к расширению контуров уже существующей верховодки.

Таким образом, контуры выветрелых полускальных и песчаных пород на останцах, седловины водоразделов, система суходолов и гидробазисные уровни разных порядков представляют собой специфические гидродинамические зоны, изучение которых составляет первостепенную задачу гидрогеологических исследований. Исходя же из представлений о выраженности гидродинамических зон на местности разрабатываются принципы размещения разведочных и режимных гидрогеологических скважин, принципы гидрогеолого – мелиоративного районирования. В каждой из выделенных зон необходимо достоверно оценивать водно-физические свойства рельефообразующих пород.

При размещении разведочных и режимных гидрогеологических скважин в области увалистой равнины следует исходить из необходимости пересечения выделенных по морфометрическим признакам специфических типичных гидрогеологических зон [70,79,98]: систем долин и водоразделов в соответствии с их порядками. Скважины размещаются рядами лучей (при симметричном строении долин) или рядами створов (при асимметричном строении долин). Луч – это ряд скважин – пьезометров, ориентированный от тальвега долины до вершины водораздела. Останцы выветривания разведываются лучами, пересекающими также и седловины водоразделов. Ряд лучей или створов ориентируется по направлению развития долин одной системы. Количество лучей в ряду назначается в соответствии с порядком старшей долины. Количество скважин и расстояние между ними в луче назначается в соответствии со строением и шириной склонов долин и водоразделов. Каждый луч всегда идет по уклону местности. Только в этом случае однозначно определится гидрогеологическая роль долины каждого порядка. Такой принцип размещения скважин следует называть зависимым от структуры линейных элементов рельефа.

Необходимо соблюдать следующую последовательность при размещении выработок [70,79,97]:

1) от седловины главного водораздела закладывается первый луч. В луче должно быть не менее 3-х скважин, одна из которых располагается в наиболее низком месте (днище ложбины или западины), дальняя же скважина находится на наиболее возвышенном месте водораздела;

2) второй луч из 3-х или более скважин намечается от ложбины 6-ого порядка по монотонической системе;

3) последний луч задается от места перехода ложбин в балку;

4) все последующие лучи задаются с учетом порядка балок и речных долин.

Рассматриваемый здесь принцип размещения скважин реализован в рабочем проекте Саратовской водобалансовой станции [82].

Представление о локальном питании подземных вод необходимо отразить в принципах гидрогеолого – мелиоративного районирования.

Если предположить по гипотезе В.П. Философова [95], что каждому порядку речной долины соответствует свой бассейн подземного стока, то принципиально гидрогеологическое районирование пересеченной равнины следует вести по бассейнам стока, так же, как это делается в гидрологических обобщениях. Такое представление очень важно при гидрогеолого – мелиоративном районировании так как оно конкретно указывает на характер связи поверхностных и подземных вод. Специфические черты локальной гидродинамики на орошаемых массивах проявляется в том, что долины, прежде питающие водоносные горизонты, становятся дренами. Интенсивность трансформации гидродинамических зон зависит от комплекса факторов, основные из которых: литологическое строение долин и их порядок, а также структура оросительной сети. Принципиальная задача гидрогеологических исследований должна состоять в том, чтобы выявить участки долин, ответственные за питание водоносных горизонтов; таковые, в наибольшей степени способные играть роль дрен. Эта роль долин разного порядка должна быть отражена при

районировании. Очевидно, что гидрогеолого – мелиоративным районом следует принимать бассейн балки (бассейн суходола), впадающей в речную долину. Это будет элементарный бассейн подземного стока, в пределах которого и предстоит увязать водный баланс в условиях орошения, наметить мероприятия по сохранению окружающей среды: уменьшение сброса поверхностных вод; осушение днищ ложбин, чтобы предупредить возможное вымокание сельхозкультур; усиление дренажного стока, возникающего в днищах балок и т.д.

В силу того, что необходимость в защите почв днищ ложбин от переувлажнения поверхностным стоком возникает существенно раньше, чем потребность в усилении дренирующей роли балки, то гидрогеологический район следует разделять на подрайоны – бассейны ложбин стока. Непосредственными исследованиями роли ложбин разного порядка [70,75] доказано, что контур верховодки (а следовательно в этом случае и инфильтрации) связывается с ложбинами 6-го порядка и выше. Поэтому в бассейне балки необходимо выделять столько гидрогеологических подрайонов, сколько в ее бассейне находится ложбин выше 6-го порядка самостоятельно впадающих в балку. Отсюда также следует, что роль каждого гидрогеологического района (или его мощность) выражается числом входящих в него бассейнов ложбин, самостоятельно впадающих в балку.

1.4 Методика отбора участков долин по способности удерживать воду водохранилищ

Как известно (Биндеман, 1951), для решения вопроса о возможности фильтрации из водохранилища необходимо знать прежде всего высоту водораздела грунтового потока, тесно связанного своим режимом с водотоками в долинах [4]. В период же отбора участков долин для организации водохранилищ высота водораздела обычно неизвестна.

Предложенный В.П. Философовым (Философов, 1960) метод определения глубины залегания первого от поверхности водоносного горизонта с помощью морфометрии позволяет во многих случаях получить камерально достаточно точные сведения о водоразделе грунтовых вод. Автором предлагается использовать морфометрический метод построения карты первого от поверхности водоносного горизонта для типизации участков долин по способности удерживать воду водохранилищ.

Сущность морфометрического анализа при этом сводится к следующему. На карте крупного масштаба, охватывающей значительно больший, чем выбранный участок территории, определяется, согласно методу В.П. Философова, порядок речных долин без учета оврагов, балок и ложбин стока, а затем проводятся изогидробазиты. Если на карте имеются колодцы и скважины, то, по предложенной А.Н. Чувелевым [104] методике, выше поверхности изогидробазит проводятся «экстраполируемые» гидроизогипсы. С этой целью используется уравнение Г.Н. Каменского [1935]

$$h_x = \sqrt{h_1^2 - \frac{h_1^2 - h_2^2}{L_{1-2}} X + \frac{W}{K}(L_{1-2} - X)X},$$ где

h_x — относительная высота уровня грунтовых вод данной точки над водоупором, м;

h_1 и h_2 — относительная высота уровней воды в реках над водоупором, м;

K — коэффициент фильтрации, м/сут;

W — величина инфильтрационного питания, обусловленная толщиной слоя воды, просачивающейся в единицу времени, и выраженная в тех же единицах измерения, как и коэффициент фильтрации;

L_{1-2} — расстояние между реками в принятом сечении междуречного массива, м;

X — горизонтальное расстояние от реки до искомой точки уровня грунтового потока в принятом сечении междуречного массива [104], м.

Если имеется хоть одна точка на водоразделе или его склоне (скважина или колодец) с известной глубиной до зеркала воды, то это уравнение можно решить относительно неизвестных *W/K*; после чего, считая *W/K* неизменным в пределах всего водораздела, рассчитать глубину залегания грунтовых вод в любой точке водораздела и таким образом провести экстраполируемые гидроизогипсы.

В тех случаях, когда отсутствуют данные для решения этого уравнения, гидроизогипсы можно провести по следующей методике. Проводят линию сухой части тальвега долины и на ней откладывают среднюю величину заложения между горизонталями, пересеченными верхней, пересыхающей частью водотока. Полученным точкам присваивают отметки последовательно, как и горизонталям, начиная от последнего пересечения горизонтали с пересыхающим водотоком. Одноименные точки в соседних тальвегах соединяют плавными линиями красной тушью, чтобы не путать их с изогидробазитами.

На построенной таким образом карте первого от поверхности водоносного горизонта в заданном участке долины строится контур НПГ намечаемого водохранилища, гипсометрическое положение которого по отношению к поверхности водоносного горизонта может соответствовать условиям одного из следующих шести типов.

К первому типу относятся такие участки долин, где отметки НПГ намечаемого водохранилища не превышают наивысшую изогидробазиту, ограничивающую в плане контур водохранилища (рис.4, створ В-Г). В таком случае организуемое водохранилище будет иметь постоянное положительное питание за счет грунтовых вод. Такой случай рассмотрен ниже на конкретном примере (рис. 4, створ А-Б).

Ко второму типу относятся участки долин, где изогидробазиты, превышающие отметки НПГ намечаемого водохранилища, ограничивают его контур (рис.4, створ А-Б) с одной лишь стороны (с одного водораздела, оставаясь в пределах другого гораздо ниже отметок НПГ). Такие условия наблюдаются тогда, когда участок долины с одной стороны ограничивается довольно узким водоразделом, в пределах которого не образуется постоянного грунтового потока за счет инфильтрации атмосферных осадков. Очевидно, что это водохранилище будет иметь с одного берега постоянное питание за счет грунтового потока, а в другой берег — постоянный фильтрационный расход.

К третьему типу относятся участки долин, где в результате построения изогидробазит обнаруживается, что поверхность грунтовых вод на правом и левом водоразделах ниже НПГ намечаемого водохранилища (в пределах большей части его контура). Такие условия наблюдаются, когда рассматриваемый участок очень близко находится от принимающей его долины большего порядка и ориентирован к ней почти перпендикулярно. Организуемое в таком случае водохранилище будет иметь постоянный фильтрационный расход в оба берега (см. рис. 4, створ Ж-З).

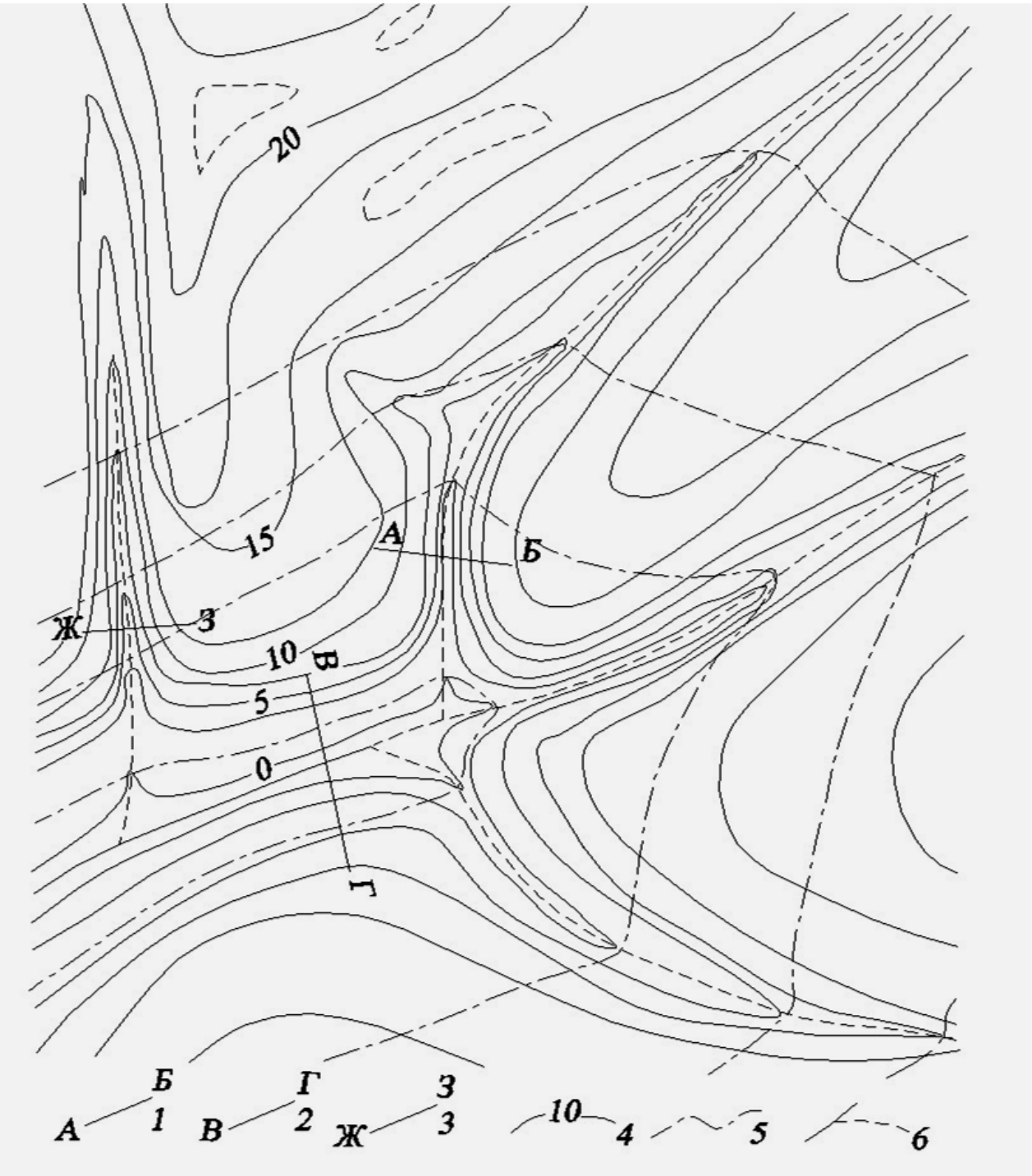


Рис.4. Схематическая карта участков долин 1-3 типов: 1 — створ плотины в участке долины 2-го типа; 2 — створ плотины в участке долины 1-го типа; 3 — створ плотины в участке долины 3-го типа; 4 — горизонтали; 5 — изогидробазиты; 6 — водотоки постоянные и пересыхающие.

К четвертому типу отнесены сухие долины 2-го, реже 3-го порядков, расположенные в пределах возвышенных пологих (или плоских) недренируемых водоразделов (в более мелких долинах, впадающих в участки долин четвертого типа, водохранилища не строятся из-за малой их емкости). Емкость участков долин четвертого типа, как правило, не превышает 600-700 тыс. $м^3$.

В тальвегах долин четвертого типа иногда начинаются пересыхающие летом водотоки или наблюдаются их первые признаки: вымочки, мочажины и прочие виды высачивания грунтовых вод (верховодок).

Но ниже, когда долина проходит в пределах резко расчлененного склона основного водораздела, отмеченные водопроявления исчезают: долина постепенно прорезает четвертичный водоупор, и проницаемость днища его резко увеличивается. Характерным признаком недренируемых уплощенных водоразделов является развитие в их пределах постоянных и эфемерных озер и заболоченностей. Провести изогидробазиты и гидроизогипсы в пределах таких водоразделов в большинстве случаев не удается (рис. 5, створ Б-Б).

К пятому типу отнесены такие участки долин, ложе которых находится выше изогидробазисной поверхности. Контур НПГ намечаемых водохранилищ в таких участках долин ограничивается гидроизогипсами (красными линиями).

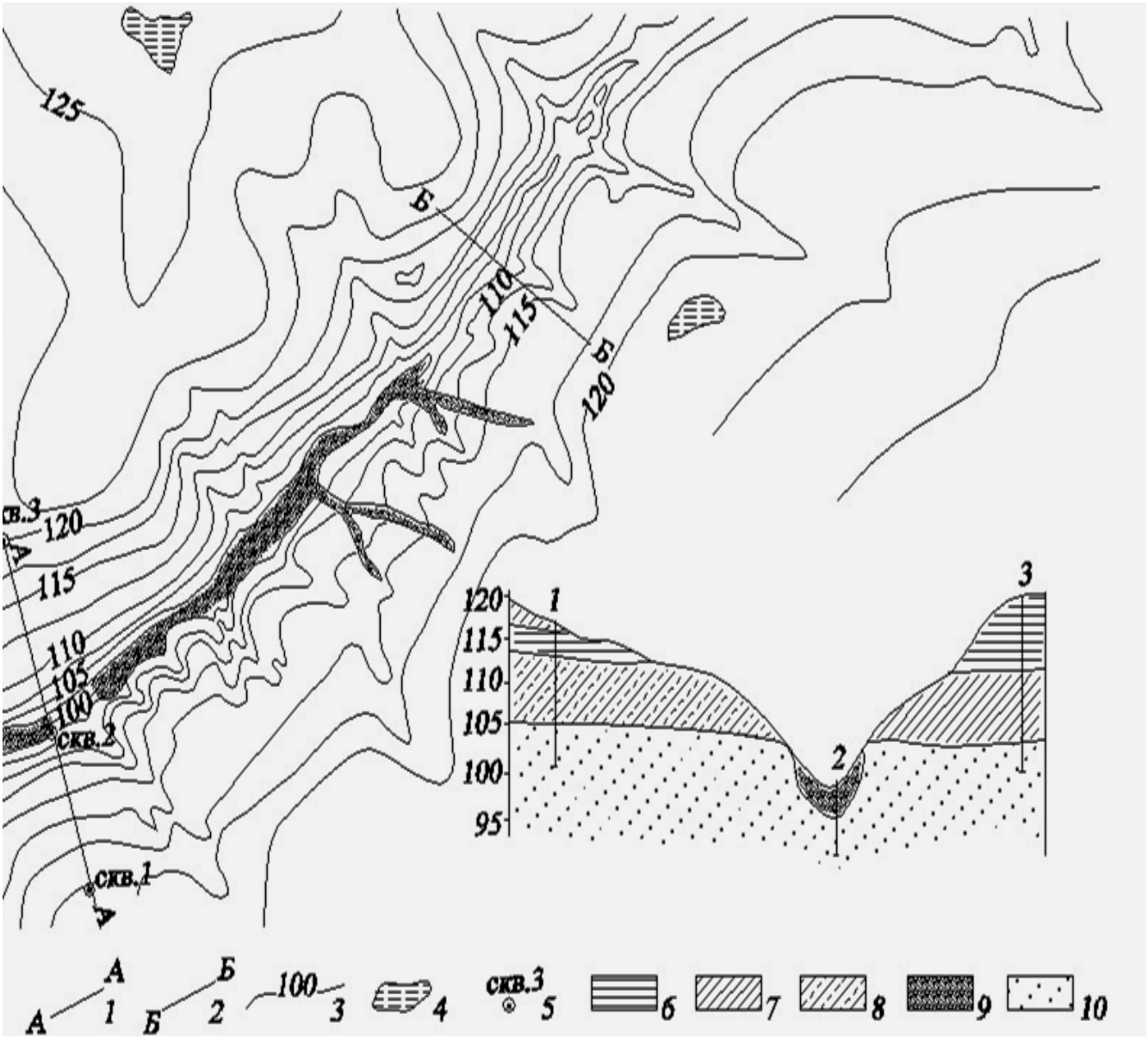


Рис. 5. Схематическая карта участков долин 4-го и 6-го типов и характерный геологический разрез: 1 — створ плотины в участке 6-го типа; 2 — створ плотины в участке долины 4-го типа; 3 — горизонтали; 4 — эфемерные озера; 5 — пробуренные скважины; 6 — глины; 7 — суглинки тяжелые; 8 — суглинки средние; 9 — пески; 10 — песчаные алевриты.

Шестой тип участков долин. Нетрудно заметить, что выделенные пять типов долин, помимо того, что обнаруживают различие по условиям баланса между притоком и оттоком на контуре НПГ в естественных условиях, еще и отвечают различным гипсометрическим уровням участков

долин по отношению к водонасыщенной зоне водоразделов. Действительно, первые три типа соответствуют условиям, когда организуемые водохранилища находятся ниже поверхности водонасыщения, пятый тип отвечает таким условиям, когда насыщение междуречий не подтверждается действительными водопроявлениями, но предполагается из выявленной закономерности; четвертый тип находится гипсометрически высоко — на водоразделе (в его недренируемой части, в пределах контура верховодки). Шестой же тип находится на таком гипсометрическом уровне, когда насыщение водой значительной толщи ниже тальвега невозможно в естественных условиях. Такие участки долин бывают в пределах узких (дренируемых) водоразделов, а также на склонах широких водоразделов, в пределах которых обнажаются водопроницаемые грунты.

Таким образом, к шестому типу относятся такие участки долин, в пределах которых исчезают водопроявления, не вырисовываются изогидробазиты и гидроизогипсы, обнаруживаются признаки обнажения водопроницаемых грунтов (рис. 5, створ А-А).

Из выделенных предложенным способом участков долин отрицательные ситуационные, а стало быть и гидрогеологические условия для стокозадержания складываются только для участков шестого типа. В остальных же пяти случаях организовать водохранилища можно, в основном сообразуясь с конкретными условиями обходной фильтрации. Каждый из выделенных типов долин при этом требует особой организации разведочных работ, и поэтому для каждого из них необходимо в последующем разработать оптимальные способы разведки.

Для обоснования схемы мелиорации и использования местного стока в Мордовской АССР по изложенной методике было исследовано 250 участков долин, из которых 76% отнесено к I и II типам, 20 — III, I – IV, 2 — V и 1% — к VI типу. Территория Мордовской АССР по геологическим

условиям подразделяется на районы, и в каждом из них обнаруживаются участки долин, морфометрическая и морфографическая характеристика которых согласуется с предлагаемой типизацией.

Для составления прогноза на каждом участке долины изучаются следующие компоненты карты [79]:

1. Уклоны водотоков — отношение разности между изогидробазитами к величине заложения между ними.
2. Характер продольного профиля русла и днища в целом.
3. Длина периодически пересыхающего водотока.
4. Растительные ассоциации, картируемые и распознаваемые на аэрофотоснимках.
5. Плановый рисунок водотоков: меандры, расширения и сужения русел, образование рукавов, перепадов, перекатов, плесы и т. д.
6. Излучины долин.
7. Песчаные и каменистые осыпи, картируемые на картах крупного масштаба и дешифрируемые на аэрофотоснимках.
8. Наличие террас, конусов выноса в бортах долин, т. е. морфология бортов.
9. Колодцы.
10. Родники и мочажины.
11. Запруды, водохранилища, болота.

Для различных литологических типов водопроводящих толщ эта зависимость в зоне разрузки грунтового потока может выражаться примерно так, как показано на рис. 6.

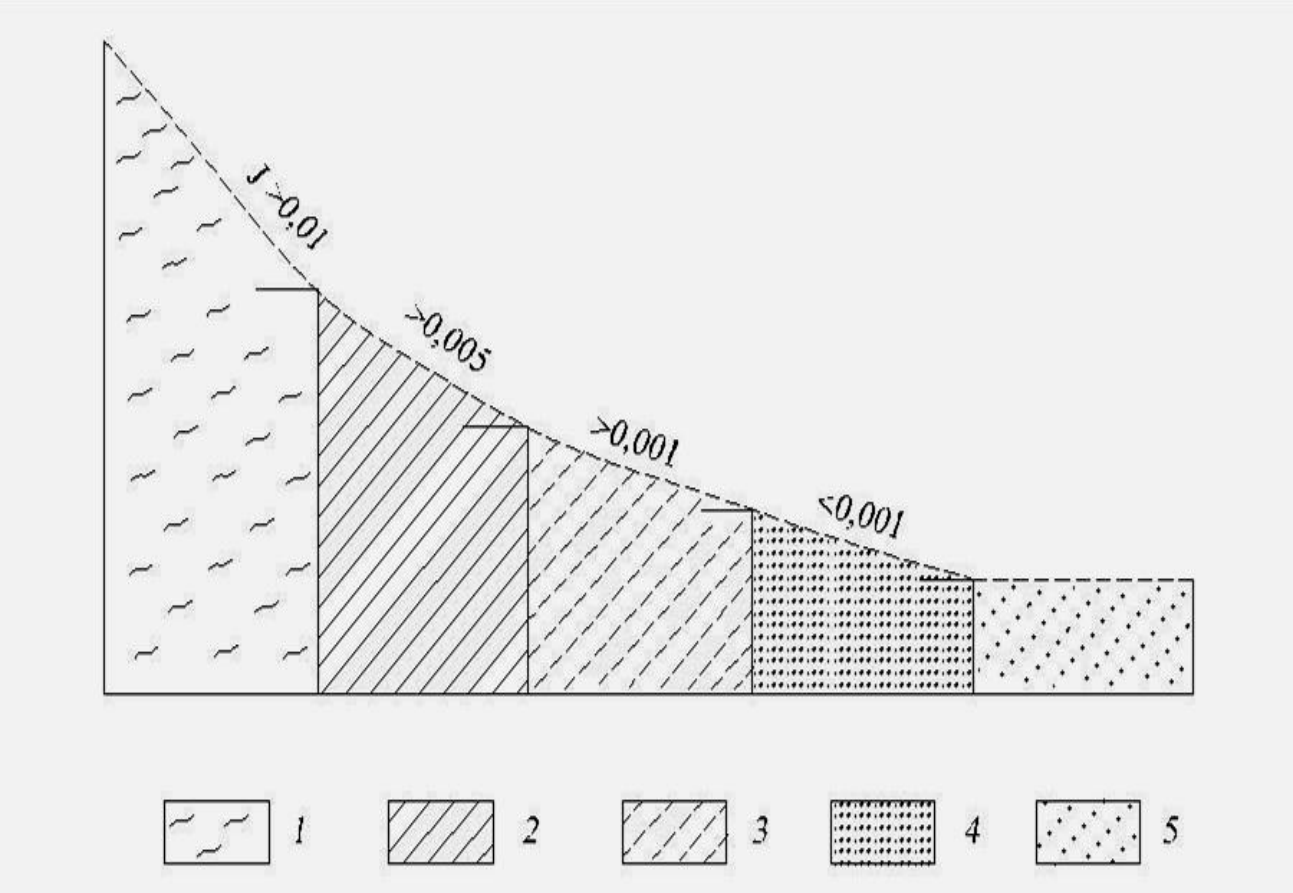


Рис. 6. Схема искривления водного профиля в зоне разгрузки водоносного горизонта: 1 — глины; 2 — суглинки; 3 — супеси; 4 — пески; 5 — гравий.

Следует отметить, что большие уклоны могут соответствовать не только глинам, но и всем водоупорным породам, по которым выклинивается маломощный водоносный горизонт, если водопроводимость последнего не обеспечивает оттока при малом уклоне.

Имеются следующие сведения об уклонах грунтового потока в породах различного состава (Гейман и др., 1934) на участках осушения:

Крупный песок — 0,003 — 0,006
Песок — 0,006 — 0,02
Супесь — 0,02 — 0,05
Суглинок — 0,05 — 0,1
Глина — 0,15 — 0,2
Торф — 0,02 — 0,12

Подобные уклоны на естественных водопроявлениях в тальвегах долин наблюдаются только в случае глинистых пород. Ниже приводится таблица наблюдаемой зависимости уклонов водотоков от литологического сложения долин на Приволжской возвышенности.

Следует отметить, что справедливость приведенной таблицы сохраняется в пределах долин 1 — 4-го порядков. Надо иметь в виду, что тальвеги долин высших порядков, проходя по толще водонепроницаемых грунтов, имеют уклоны менее 0,001. Чтобы избежать ошибки при прогнозе литологического строения тальвегов, необходимо в таких долинах тщательно изучать продольный профиль и морфологию русла. Если в продольном профиле отмечаются ступени, то это верный признак сложения тальвега водоупорными породами.

Порядок долин	Величина уклона	Длина исследуемого участка тальвега	Мощность аллювия, литологический состав аллювия и коренных пород
1 – 3	0,1 – 0,01	Не нормируется	*Мощность* аллювия достигает 1 м, реже совсем отсутствует. *Состав:* переслой суглинков, супесей и глин с включениями крупных обломков коренных пород. *Коренные породы:* глины, алевролиты, реже песчаники и опоки, мергель.
2 – 4	0,01 – 0,005	–	*Мощность* аллювия достигает 3 – 5 м. *Состав:* переслаивание песчаных и глинистых грунтов с

			включением крупных обломков коренных пород. *Коренные породы:* алевролиты, плотные алевролиты, реже плотные глины.
3 – 4	0,005 – 0,001	Около 1 км	*Мощность* аллювия 3 – 10 м, песчаный разрез в толще аллювия занимает 3 – 5 м, чаще – переслой. *Коренные породы:* алевролиты, реже глины.
3 – 5	Менее 0,001	Более 1 км	*Мощность* аллювия – 10 м и более. В разрезе преобладает песчаный *состав*, глины и суглинки встречаются невыдержанными по мощности и простиранию слоями и прослойками. *Коренные породы* представлены плотными песками, песчаными алевритами, реже глинами .

Характерно также при этом образование в руслах плесовых расширений или плесовых озер. В любом случае образование порогов свидетельствует о выходе на поверхность водоупорного горизонта, перед которым русло, как правило, образует свободные меандры или плесы, чему способствует «удар» потока о порог.

Для долин выше 4-го порядка необходимо учитывать при прогнозах также ширину днища: часто на широких днищах значительно больше

мощность пойменного аллювия, имеющего всегда глинистый состав. Вообще же в этих случаях тщательному изучению подвергается геоморфология пойм.

Продольные уклоны сухих долин также могут иметь диагностическое значение. Например, гипсометрически низко расположенная, весьма пологая сухая долина может свидетельствовать либо о большой мощности аллювия, преимущественно песчаного, либо о выходе на поверхность песчаного пласта.

Для участков долин III и IV типов составить прогноз литологического сложения бортов обычно труднее. Отметим, что для участков долин III типа следует избегать расположения створов вблизи собственного конуса выноса и террас принимающей долины в связи с тем, что к этим формам рельефа обычно приурочено накопление безводных водопроницаемых грунтов, водоотток из которых обеспечивается резким снижением местности. Следует подчеркнуть, что точность и диапазон уверенного прогнозирования литологического сложения долин по изложенной методике во многом зависят от знания геологического строения конкретно рассматриваемого района. В свою очередь, геологическое строение конкретного участка наиболее полно осознается при изучении его внешних особенностей. Таким образом, прогноз составляется в результате сравнения и увязки данных морфометрического анализа с имеющейся информацией о геологическом строении. Поясним предлагаемую методику исследования на конкретных примерах.

На рис. 7 изображена схематическая карта территории, в пределах которой выбран участок долины для организации относительно крупного водохранилища. Подобное строение имеет долина р. Терсы в месте впадения в нее р. Песчаной. Проведенные изогидробазиты обнаруживают здесь условия, отвечающие I типу долин, согласно предложенной типизации (створ А-А). Продольный водный профиль по тальвегу имеет

уклон 0,003, что свидетельствует о возможной мощности песчаных пород в тальвеге до 3 — 5 м (согласно вышеприведенной таблице). Поперечный водный профиль имеет уклон 0,01 — 0,02 в обоих бортах, что свидетельствует о глинистом сложении их.

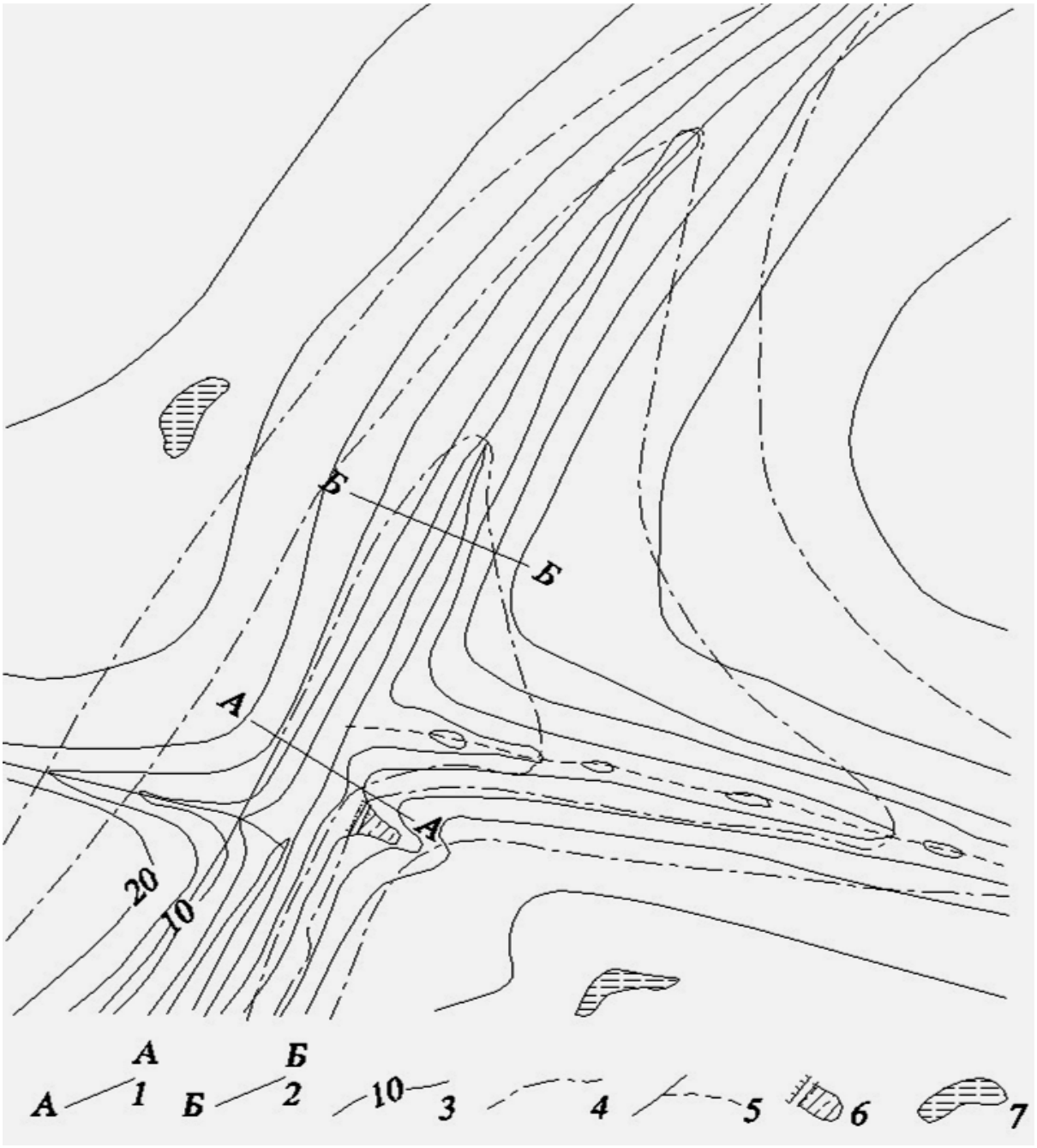


Рис. 7. Схематическая карта изогидробазит территории, подобной участку долины р. Терсы (Калининский р-н): 1 — главный створ плотины (1 вариант); 2 — вспомогательный створ плотины (2 вариант); 3 — горизонтали; 4 — изогидробазиты; 5 — постоянные и пересыхающие водотоки; 6 — существующий пруд; 7 — эфемерное озеро.

Предварительно составленный таким образом прогноз полностью подтвердился в результате последующих разведочных работ, проведенных отделом геологии проектного института «Приволжгипроводхоз» (Саратов) в 1973 г. Было пробурено 54 скважины, расположенные в 7 створах, из которых — 3 по р. Песчаной и 4 — по р. Терсе. В главном створе (по А-А) пробурено 18 скважин (не считая разведки под водосбросное сооружение), в остальных — 5 — 7. Глубина бурения составляет 10 — 15 м. Большой объем разведочных работ объснялся требованиями технического задания, предусматривающего изыскание по створам А — А и Б — Б на том основании, что р. Песчаная, впадающая в р. Терсу ниже створа Б — Б, возможно сложена песками, как об этом свидетельствует ее название. Используя же отмеченные результаты морфометрического анализа, объем буровых работ можно было бы значительно сократить. Прежде всего имелась возможность уверенно разведать только главный створ (А — А) и сразу отказаться от бурения по ложу водохранилища (остальные пять створов): изогидробазисная поверхность оконтуривает проектируемое водохранилище и имеет отметки, превышающие НПГ, т. е. фильтрация здесь не имеет места. На этом же основании решается вопрос о подпоре грунтовых вод. Разведку основного створа также можно было вести сокращенно, т. к. гидрогеологические условия в целом ясны и следовало только подтвердить их бурением. Следует отметить также, что большие уклоны (0,01 — 0,02) впадающих в р. Терсу пересыхающих водотоков (правый борт) свидетельтвует о высокой механической прочности слагающих борта пород — убедительный показатель для проектирования. На таком примере хорошо обнаруживаются перспективы сокращения объемов разведочных работ при использовании морфометрического метода. На следующем примере рассмотрим перспективы отбора участков долин и повышения качества составляемых заключений.

В совхозе «Ардымский» Пензенской области в построенном в 1969 — 1970 гг. водохранилище (изыскания проводились Пензенской проектной экспедицией) уровень воды не удерживается в заданных отметках. Анализ условий этого участка во многом способствовал развитию морфометрического прогноза, так как такой пример обнаруживал погрешности в принятой методике изыскательных работ.

На рис.8 показана схема ситуационных условий на территориях, аналогичных организованному водохранилищу в совхозе «Ардымский». Сопоставление дневной и изогидробазисной поверхностей обнаруживает, что днище рассматриваемой долины находится над изогидробазисной поверхностью.

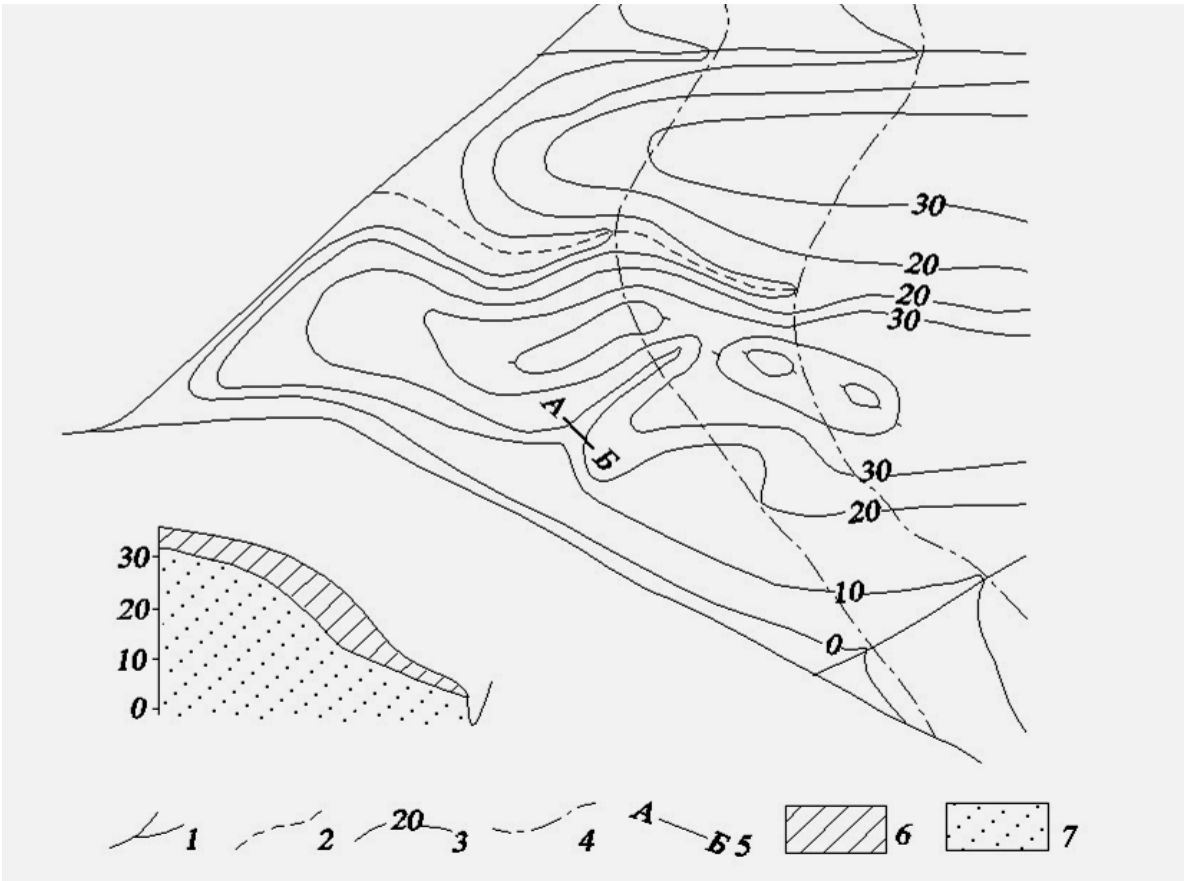


Рис.8. Схематическая карта изогидробазит и геологический разрез территории, подобной участку долины, на которой возведена плотина в совхозе «Ардымский» Пензенской области: 1 — постоянные водотоки; 2 — пересыхающий водоток; 3 — горизонтали; 4 изогидробазиты; 5 — створ плотины; 6 — суглинок; 7 — алевриты песчаные с линзами опок.

Наибольшая ширина, отсутствие каких-либо водопроявлений и низкое положение изогидробазисной поверхности свидетельствуют о высокой естественной дренированности участка междуречья вместе с рассматриваемой долиной. Дугообразный рисунок горизонтали с отметкой 10 м вблизи створа плотины (А — Б) свидетельствует об образовании здесь временного (высокого) конуса, что, возможно, связано с потерей размывающей силы временного потока из-за фильтрации в днище.

В данном случае на показателях морфометрического анализа основывается доказательство большого риска организовать водохранилище в таком участке долины. Чтобы прийти к таким выводам без морфологического анализа, потребуется проведение во много раз большего объема изыскательских работ, чем это было сделано Пензенской проектной экспедицией перед составлением проекта водохранилища.

В заключение следует отметить, что предлагаемая методика морфометрического анализа карт и аэрофотоснимков может быть использована при отборе участков долин, перспективных для строительства водохранилищ, при составлении проектов инженерно-геологических изысканий в обоснование проектов плотин, водосбросных сооружений, а также непосредственно при производстве инженерно-геологической разведки створов плотин. При этом представляется возможным проводить разведочные работы более целенаправленно и в сокращенном объеме.

Эта методика оценки природных особенностей местности с успехом может применяться при решении экологических задач: картировании зон питания водоносных горизонтов и организации мероприятий для защиты их от загрязнения, размещения полигонов складирования хозбытовых отходов и др. хозяйственных задач.

1.5 Методика картирования верховодки в Сыртовом Заволжье

В условиях однородного литологического сложения, что имеет место на сыртах, порядки долин и водоразделов могут служить количественным выражением процесса инфильтрации атмосферных осадков, и поэтому оконтуривание верховодок возможно на базе строгой классификации как долин, так и водоразделов. Для этой цели наиболее приемлема классификация порядков долин и водоразделов, разработанная В.П. Философовым.

На примере территории Ершовского опытного хозяйства (ОПХ) Ершовского района Саратовской области мы рассмотрим установленную взаимосвязь элементов рельефа равнины с влагонасыщением сыртовых глин. На этой территории, типичной для северной части Низкой сыртовой равнины, в течение ряда лет проводились научно-исследовательские работы ВНИИГиМом, ВолжНИИГиМом, Киевским госуниверситетом по определению влаго- и солепереноса; работы по установлению эффективности вертикального дренажа.

Естественно, что такие исследования возможно правильно оценить и полнее использовать лишь при условии достаточно четкого картирования верховодок.

На рис. 9, 10 показаны карты порядков долин и водоразделов территории Ершовского ОПХ. За долину (ложбину) первого порядка принята незамкнутая вогнутая форма, устанавливаемая по изгибу горизонталей рельефа на карте наиболее крупного масштаба. Визуально на местности такие ложбины угадываются с трудом. Тальвег в них не выражен – это плавные шириной в несколько десятков метров вогнутости на вершинных поверхностях водоразделов. На склонах водоразделов ложбины 1-го порядка выражены резче и имеют ширину в несколько метров.

Две ложбины 1-го порядка, сливаясь, образуют ложбину 2-го порядка; три ложбины, сливаясь, образуют ложбину 3-го порядка и т.д. Таким образом, порядок долин численно совпадает с количеством слившихся долин (ложбин) 1-го порядка. Такая система названа В.П. Философовым монотомической. При такой системе балки и овраги будут долинами 6 – 7-го порядков и более. Известный на этой территории овраг Репинский имеет более 80 слившихся ложбин 1-го порядка. За водораздел 1-го порядка принят водораздел между ложбинами 1-го порядка: слияния водораздельных линий 1-го порядка образуют водораздельную линию 2-го порядка и т.д. подобно тому, как и в системе долин. Приведенная на рис. 2 карта порядков водораздельных линий не может считаться строгой, так как положение водораздельных линий высокого порядка установить трудно, но такая карта достаточно полно раскрывает структуру водоразделов.

На карту порядков долин (рис. 9) нанесены опорные скважины, пробуренные на рассматриваемой территории в течение 1970 – 1975 гг. Скважины здесь вскрывают верховодку во всех долинах выше 6-го порядка. Мощность таких верховодок 15 – 20 м, глубина залегания 3 – 8 м; они быстро выклиниваются в сторону бортов долин. Организованные наблюдения за верховодкой около прудов в овраге Репинский доказывают, что в 200 м от оврага верховодка не встречается. По характеру уровенного режима – это грунтовые воды. Минерализация их увеличивается от тальвега в сторону бортов долин от 05 – 1,0 до 7,0 – 10,0 г/л.В тальвегах долин (ложбин) 4 – 5-го порядков встречаются «сезонные» верховодки, иссякающие в засушливые месяцы года или в засушливые годы. Такие верховодки по мощности не превышают 2 – 3 м, приурочены они всегда к контакту покровных суглинков с сыртовыми глинами.

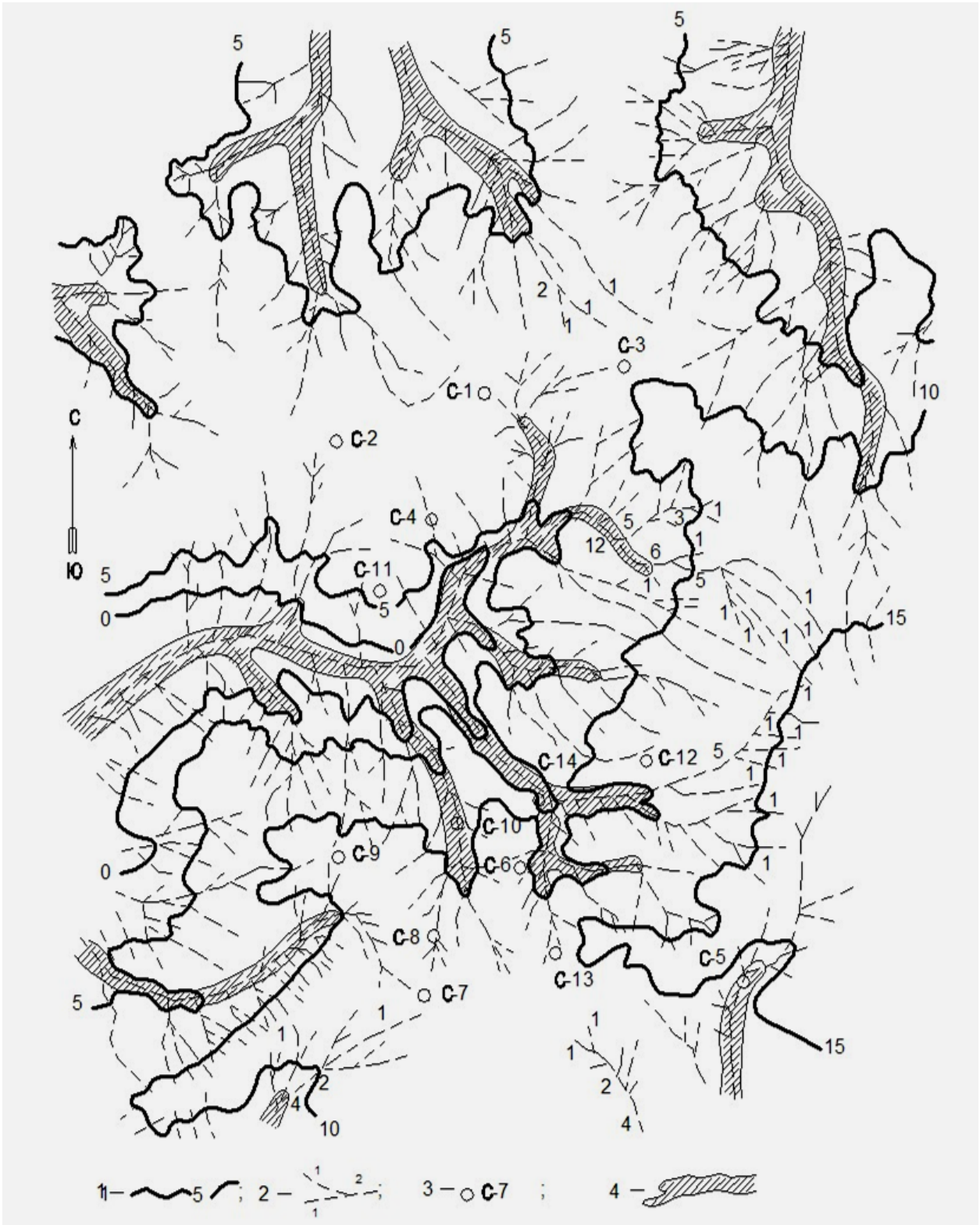


Рис.9. Карта порядков долин:

1 – горизонтали рельефа;

2 – тальвеги долин;

3 – опорные скважины;

4 – контур распространения верховодок.

Скважины (№ 1, 2, 3, 7, 9), заданные на седловинах водоразделов, верховодку не вскрывают, но обнаруживают высокую влажность пород с глубины 5 – 7 м (относительная влажность 0,7 – 0,9). Особенно высока влажность пород, вскрытых скважинами на седловинах, образованных от слияния водоразделов наиболее высокого порядка (скважины 2, 3, 7). Такой факт показывает, что верховодки на седловинах могут встречаться. В этом отношении более перспективны седловины наиболее крупных и широких водоразделов.

В настоящее время обнаружены (Приволжгипроводхоз) 2 довольно широких контура верховодки на седловинах главного водораздела в районе поселка Римско-Корсаковка. Эти седловины осложнены многочисленными замкнутыми понижениями (степными блюдцами) – центрами конденсации атмосферных осадков.

Для оконтуривания верховодок седловины можно классифицировать по порядку водораздельных линий: порядок седловины совпадает с порядком водораздельной линии. Такую задачу легче решать на карте порядков водораздельных линий, установленных по дихотомической системе (рис. 10). По этой системе главные водораздельные линии на рассматриваемой территории имеют 3-й и 4-й порядки. Установление порядков седловин дает возможность из многообразия их всегда выделить те, с которыми могут быть связаны верховодки или контуры, в пределах которых толща сыртовых глин имеет высокую степень влагонасыщения. На выпуклых сточных участках водораздельных поверхностей и склонов вскрытые грунты оказались с наименьшей естественной влажностью (скв. 4, 13). Относительная влажность пород в этих пунктах до глубины 25 – 30 м составляет 0,4 – 0,65, водоносность пород обнаруживается ниже пьезометрической поверхности водоносного горизонта подсыртовых песков.

Таким образом, верховодки на Низкой сыртовой равнине обнаруживают устойчивую связь с долинами и ложбинами стока, а также с седловинами, образованными от слияния водоразделов высокого порядка. Конкретное выражение такой связи для разных районов равнины возможно установить, определив порядки элементов рельефа.

Отметим основные правила, с которыми связан анализ природной обстановки и фактического материала изысканий и исследований с целью оконтуривания верховодок.

Прежде всего необходимо построить карту порядков долин и водоразделов крупного масштаба. За долину 1-го порядка следует принять вогнутость в рельефе вершинной поверхности, устанавливаемую по достаточно заметному изгибу горизонталей. Порядки долин определяют по монотомической, а порядки водоразделов – по дихотомической системам.

Затем оконтуриваются седловины и устанавливается их порядок. На построенную морфометрическую карту наносятся скважины, вскрывшие верховодку.

После этого намечаются точки для заложения разведочных скважин. Поиск верховодок на водораздельных поверхностях следует начинать с седловин наиболее высокого порядка, особенно с тех, в пределах которых отмечаются замкнутые понижения, а затем переходить к седловинам меньшего порядка. Чтобы оконтурить верховодку, скважины нужно задавать по взаимно перпендикулярным профилям.

В долинах поиск верховодки следует начинать с тальвегов ложбин 6 – 7-го порядков, рассчитанных по монотомической системе.

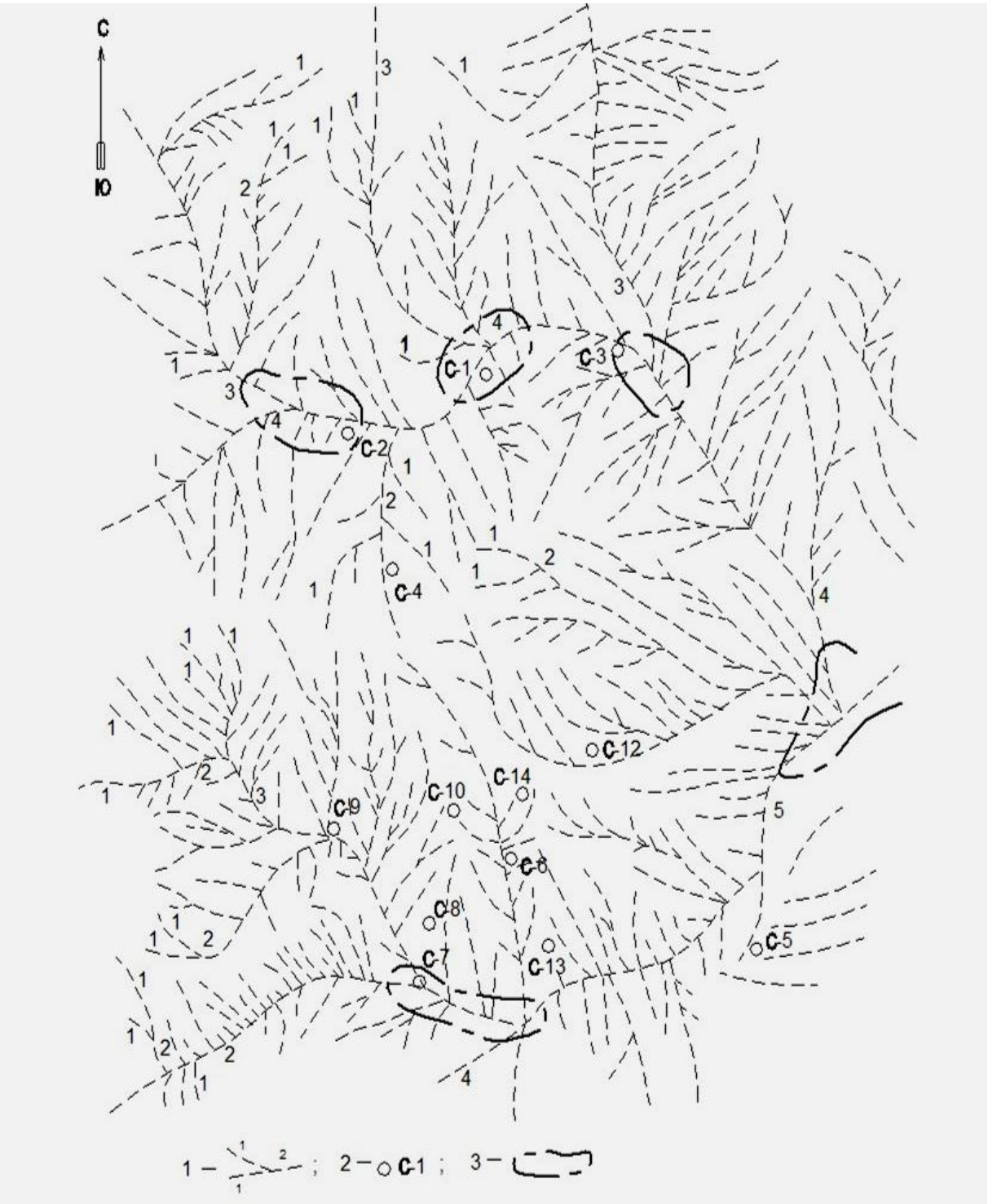


Рис.10. Карта порядков водораздельных линий:

1 – водораздельные линии;

2 – опорные скважины;

3 – седловины, в пределах которых толща сыртовых глин имеет высокую степень влагонасыщения.

Может случиться, что на отдельных водоразделах контур верховодки, приуроченной к седловине, не раскрывается в сторону начинающихся с седловины ложбин высокого порядка.

На образование верховодок в седловинах и ложбинах стока могут оказывать положительное (усиливающее) влияние пересекающие их лесозащитные насаждения и трассы дорог. Это объясняется тем, что в таких местах больше скапливается снега, он там дольше тает, частично задерживается поверхностный сток – образуется очаг усиленной инфильтрации.

Кроме того, нельзя забывать, что в пределах седловин и ложбин ранее (до создания дорог и лесополос) существовали верховодки или сохранялись близкие к этому условия влагонасыщения, накопленная влага в значительной массе расходуется на питание верховодки. Напротив, в пределах выпуклых сточных участков водоразделов верховодки не могут образовываться, несмотря на снегозадержание вблизи лесонасаждений и дорог. Причиной этого является низкая естественная влажность почво-грунтов: скопившиеся массы воды в виде снега при таянии не успевают проникнуть глубоко и полностью расходуется на сток, испарение и транспирацию.

Карты порядков долин и водоразделов, построенные по наиболее крупномасштабным источникам, легко преобразовать в любой масштаб с сохранением всех элементов строения эрозионных и водораздельных систем. Это позволяет передать локализованную гидрогеологическую информацию на обзорные карты.

1.6 Методика изучения инфильтрации на оросительных системах в Сыртовом Заволжье

Вопросу о гравитационном движении влаги через зону аэрации (инфильтрации) посвящен ряд специальных и обобщающих работ.

Однако до настоящего времени нет методики оценки инфильтрации на оросительных системах, рассчитанных на использование широкозахватных дождевальных машин. Проектные организации при решении водно-балансовых задач исходят из представления о повсеместной инфильтрации на богарных и орошаемых землях, хотя практически, такая точка зрения не обоснована.

Здесь мы рассмотрим методические приемы, с помощью которых устанавливается избирательность процесса инфильтрации, зависимость этого процесса от рельефных условий и водно-физических свойств рельефообразующих пород.

В толковании момента, указывающего на стекание влаги в колонке грунта при его неполном водонасыщении, между учеными существуют определенные разногласия. Например, А.А. Роде указывает, что влага неподвижна в колонке грунта, если влажность его равна максимальной молекулярной влагоемкости. С.В. Нерпин на основании теоретических исследований и проверки их лабораторными опытами показал, что как пленочная, так и капиллярная влага обладают теми же свойствами, что и свободная вода и таким образом, отводит большую роль влагопереносу (стеканию) в питании грунтовых вод. Положения С.В. Нерпина получили экспериментальное подтверждение в полевых условиях В.Н. Чубаровым [103].

Таким образом, противоречивость утверждений о равновесном профиле влажности неизбежна, если вопрос о гравитационном стекании влаги не рассматривается всесторонне. Наиболее показательны в этом отношении обобщения, сделанные А.А. Роде. Анализ рассматриваемой

здесь информации показывает, что далеко не всегда удается понять и оценить опытные данные. Например, наибольшее количество глубоко-проанализированных опытов по изучению стекания влаги выполнено для обоснования наименьшей влагоемкости (НВ), однако понятие об НВ неоднозначно до настоящего времени. Часто делаются утверждения, что НВ равна максимальной молекулярной влагоемкости (ММВ). Если же сравнивать эпюры НВ (полевой опыт) с эпюрами ММВ (лабораторный опыт), то оказывается, что верхняя часть замоченной толщи характеризуется условием НВ > ММВ, а нижняя наоборот ММВ > НВ. Это обстоятельство возможно объяснить тем, что верхняя часть замоченной толщи увлажняется за счет инфильтрации, а нижняя — за счет пленочного рассасывания и диффузии паров вглубь толщи почв. В таком случае истинная НВ > ММВ и характеризует остаточную влажность после стекания. При влажности равной НВ почвогрунт имеет тугопластичную или полутвердую консистенцию, а при ММВ — твердую консистенцию [48].

Лабораторные опыты определения ММВ основаны на прессовании грунтового теста. Вода отжимается под нагрузкой 10 кг/см^2. После прессования глинистый грунт приобретает максимальную (оптимальную) плотность и твердую консистенцию. Оставшаяся в грунте влага теряет свободу перемещения под действием сил, меньших 10 кг/см^2 . Поэтому ММВ может быть использована для оценки подвижности влаги в толщах глинистых почво-грунтов (пород).

Наименьшая влагоемкость (НВ) будет характеризовать такое состояние влажности породы, когда часть ее (НВ — ММВ) может медленно стекать без разрыва сплошности потока. Очевидно, что иссушение верхних горизонтов почвы оказывает также воздействие на подвижную часть влаги — влага подтягивается вверх. На фоне такого «равновесия» при наличии градиента температуры более интенсивным

будет перемещение влаги в парообразном состоянии. Конечно диффузия паров возможна только в верхней разрыхляемой части почвенного разреза. Плотные же глинистые породы при влажности равной ММВ практически воздухоупорны, диффузия паров в них в этом случае невозможна. Диффузия паров до уровня верховодки не происходит, что подтверждается разобщенностью бугров верховодки.

На основе специальных опытов Л.Г. Балаев [3] показал, что прекращение стекания влаги в естественном разрезе определяет момент разрыва капилляров (влажность разрыва капилляров).

Заметим, что указанные точки зрения не относятся к глинам, особенно если они имеют агрегатное сложение. В плотных агрегатах глин может содержаться только связанная вода; в этом случае влажность разрыва капилляров может практически совпадать с максимальной молекулярной влагоемкостью.

Вопрос об инфильтрации необходимо рассматривать не только с чисто физической стороны, но и в тесной связи с характеристиками ландшафта (типами местности, формами рельефа, типами рельефообразующих пород). Так например, проводились исследования В.Н. Чубаровым, где вместе с физическими показателями состояния воды в грунтах зоны аэрации используется характеристика ландшафта — «закрепленные пески».

В рассматриваемой нами методике оценки инфильтрации используются морфометрические характеристики рельефа, состав, влажность, плотность и засоленность рельефообразующих пород. Главное же внимание уделяется системам долин. Важность такого подхода в оценке инфильтрации была очевидна еще в 30-е годы. Например, Г.Н. Высоцкий (1933) высказал идею о потускулярном (через систему понижений рельефа) процессе инфильтрации. Однако в то время строгой классификации рельефа равнин не было, а кроме того сведений об

агрогидрогеологических характеристиках почво-грунтов было недостаточно для специальных доказательств.

Мелиоративная гидрогеология в основе своей имеет представление об инфильтрации на несовершенных оросительных системах старого типа (открытая сеть, каналы в земляном русле, поливы напуском и по бороздам). Инфильтрация же на оросительных системах с дождевальными машинами еще не изучена: нет подхода к ее систематическому изучению.

Оценка инфильтрации на рассматриваемой территории значительно облегчается тем, что рельефообразующие породы в основном представлены глинами и тяжелыми суглинками с пределом пластичности (раскатывания) от 13 до 24. Как известно [48] в этом случае максимальная молекулярная влагоемкость равна оптимальной влажности и пределу пластичности. Следовательно, для оценки инфильтрации представляется возможным использовать большой массив инженерно-геологической информации.

Для предварительной всеохватывающей оценки условий инфильтрации на орошаемом поле рекомендуются следующие правила:

1. Составляются основные морфометрические карты порядков долин седловин и водоразделов, контуров верховодки, глубины залегания гидробазисной поверхности;

2. По визуальной оценке устанавливается влажность рельефообразующих пород.

При полевых исследованиях в соответствии с инструкцией к полевой лаборатории ПЛ-9 возможно выделить следующие категории влажности глинистых грунтов (пород):

1) порода сухая, пылит, крошится;

2) порода очень слабовлажная, крошится, не пылит, в комочек не сминается;

3) порода слабовлажная, сминается в комочки, но не раскатывается в шнур;

4) порода влажная, раскатывается в шнур, но шнур разламывается на мелкие кусочки (соответствует полутвердой консистенции, а по ГОСТ 5183-64 соответствует пределу раскатывания);

5) порода сильновлажная, имеет тугопластичную консистенцию;

6) порода водонасыщенная, имеет мягкопластичную и текучепластичную консистенцию.

Этими опытами определяется глубина промачивания почв при поливах.

В отличие от принятой в инженерной геологии шкалы консистенции, рассматриваемая шкала оценочной влажности акцентирует внимание на категорию влаги, заключенной в породе. Например, в условиях полного водонасыщения сыртовые глины могут иметь полутвердую консистенцию. В этом случае кусочек породы можно раскатать в шнур, не добавляя воды. По этому признаку можно остановить бурение на нужной глубине и установить уровень верховодки. Если же кусочек глины не раскатывается в шнур, но с трудом сминается в комочек, то влажность породы ниже влажности ММВ (эта влага гравитационно неподвижна). Особо же важным обстоятельством является то, что по визуальной оценке можно в полевых условиях установить влажность породы (We) относительно предела пластичности (Wp). Например, по визуальной оценке предварительно было установлено, что относительно высокая влажность сыртовых глин (больше предела раскатывания) характерна только для днищ ложбин выше 6-го порядка и этим самым на стадии полевых исследований была установлена граница инфильтрационного питания верховодки.

После предварительного картирования очагов инфильтрации выбираются участки-аналоги для детального изучения инфильтрации. Опытные участки должны представлять собой лучи режимных и

разведочных площадок, ориентированных от тальвега долины на вершину водораздела. На опытных участках ведутся режимные наблюдения за уровнем и химизмом верховодки, лабораторными и полевыми методами изучается влажность, плотность, засоленность и водопроницаемость пород по глубине и фронту растекания верховодки. По результатам опытов выстраиваются характерные эпюры влажности, плотности и засоленности рельефообразующих пород, а также графики режима верховодки для разных рельефных условий (тальвега или склона ложбины и т. д.).

Окончательная оценка условий инфильтрации на объекте производится исходя из следующих представлений:

1) наличие инфильтрации в границах выделенного элемента рельефа возможно лишь в том случае, если влажность глинистых пород в зоне аэрации больше предела раскатывания;

2) глинистые породы, плотность которых равна оптимальной плотности, следует считать водоупорными;

3) водоупорность пород глубоких горизонтов зоны аэрации в очагах инфильтрации приводит к образованию верховодки;

4) в зоне инфильтрации породы промыты от воднорастворимых солей, не склонны к просадке и набуханию;

5) зона растекания верховодки в пределах элемента рельефа характеризуется относительной сухостью (We < Wp) почв выше уровня грунтовых вод.

В результате изучения эпюр влажности, плотности и засоленности рельефообразующих пород пересеченных равнин Заволжья раскрываются следующие представления:

1. Влажность рельефообразующих пород почти повсеместно меньше максимальной молекулярной влагоемкости. Исключение составляют лишь седловины водоразделов и днища суходолов, представляющие собой очаги инфильтрации.

2. Орошение земель с использованием дождевальных машин существенно не нарушает структуру инфильтрационного потока, имеющего локальный характер распространения.

3. Основными факторами локализации инфильтрационного потока являются: снос снега в долины и седловины, концентрация талых вод в ложбинах в зимние оттепели, сток талых, дождевых и ирригационных вод в долины, высокая плотность и относительная водоупорность иллювиального горизонта почв.

4. В толще пород, слагающих зону аэрации отмечается большое количество водоупорных прослоев, при наличии инфильтрации способствующих формированию ярусов верховодки.

5. Питание грунтовых вод и образование верховодки на оросительных системах с применением дождевальных машин в значительной степени обусловлено задержкой ирригационного стока в ложбинах каналами, дорогами и плотинами.

Оптимальная (максимальная) плотность глинистой породы определяется по формуле:

$$\Delta_{\text{опт}} = \frac{\Delta(1-n)}{\Delta Wp + 1} \qquad (1)$$

где $\Delta_{\text{опт}}$ – оптимальная плотность;

Δ – удельный вес;

Wp – предел пластичности (оптимальная влажность);

n – содержание защемленного воздуха.

То обстоятельство, что накопленная за многие годы изысканий и исследований инженерно-геологическая информация не привлекается для оценки условий инфильтрации, объясняется недоработкой методики гидрогеологических исследований. Факты о склонности отдельных горизонтов глинистых пород к набуханию, к просадкам, высокая засоленность и твердая консистенция глубоких горизонтов грунтов зоны

аэрации и др. в методике гидрогеологических исследований должны быть закреплены необходимыми следствиями, приспосабливающими инженерно-геологическую информацию для решения гидрогеологических вопросов.

В материалах почвенно-мелиоративных исследований на сыртах [46] отмечается роль глубокой трещиноватости сыртовых отложений на процесс инфильтрации, однако конкретных оснований этим утверждениям не дается.

Отметим важные свидетельства, противоречащие представлению об участии в процессе инфильтрации глубокой трещиноватости. Например, при бурении скважин в сыртовых отложениях наблюдаются вертикальные жилы гумусированных пород, прослеживаемые до глубины 45-50м. По плотности сложения гумусированные участки породы практически не отличаются от основной массы. Расколоть образец вдоль контакта окрашенной гумусом породы не удается. Порода в целом выглядит массивной, монолитной, относительно сухой.

Характерно также, что иллювиальный горизонт почв имеет такую же плотность, как и водоупорные горизонты сыртовых отложений. Влажность пород почти повсеместно меньше максимальной влагоемкости. Все это свидетельствует о том, что инфильтрация происходит лишь через систему понижений рельефа.

Возможно, что глубокая трещиноватость сыртовых пород сказывается на водопроницаемости их в условиях полного водонасыщения и в этой связи зона высокой трещиноватости может рассматриваться как горизонт, способный вмещать верховодку. Исследования показывают, что иногда встречаются реликтовые глубоко залегающие горизонты верховодки, не имеющие связи с очагами инфильтрации.

На рис. 11-12 приводятся эпюры влажности и плотности сыртовых глин глубоких горизонтов в зависимости от расположения буровых скважин в рельефе орошаемого массива (от расстояния от тальвега ложбины). На этом сравнении базируется основополагающее утверждение о не повсеместной инфильтрации. Для проверки этого утверждения затем на выпуклом участке водораздела было пройдено 7 безводных глубоких скважин (51-53м) и установлены за ними систематические наблюдения.

К методике исследований относится также и способ бурения. Бурение велось всухую ударно-канатным способом со сплошным отбором монолитов грунтоносом. Буровой стакан применялся только при зачистке стен скважин для снижения трения о них грунтоноса. При бурении строго регулировалась высота бросания снаряда на забой, чтобы не допускать уплотнения грунтов при отборе монолитов. Забоем скважины были оставлены на 7-10 м ниже напорного уровня основного водоносного горизонта, заключенного в апшеронских (подсыртовых) песках. За годичный цикл наблюдений поступление грунтовых вод в скважины не наблюдалось.

Таким образом сложились правила выяснения условий инфильтрации:

– разведочные и режимные скважины должны размещаться в местах строго различаемых по условиям сточности;

– опробование должно вестись всплошную, чтобы не пропустить водоупорных горизонтов и линз;

– глубина режимных скважин-пьезометров определяется по визуальной оценке влажности пород относительно влажности на пределе раскатывания.

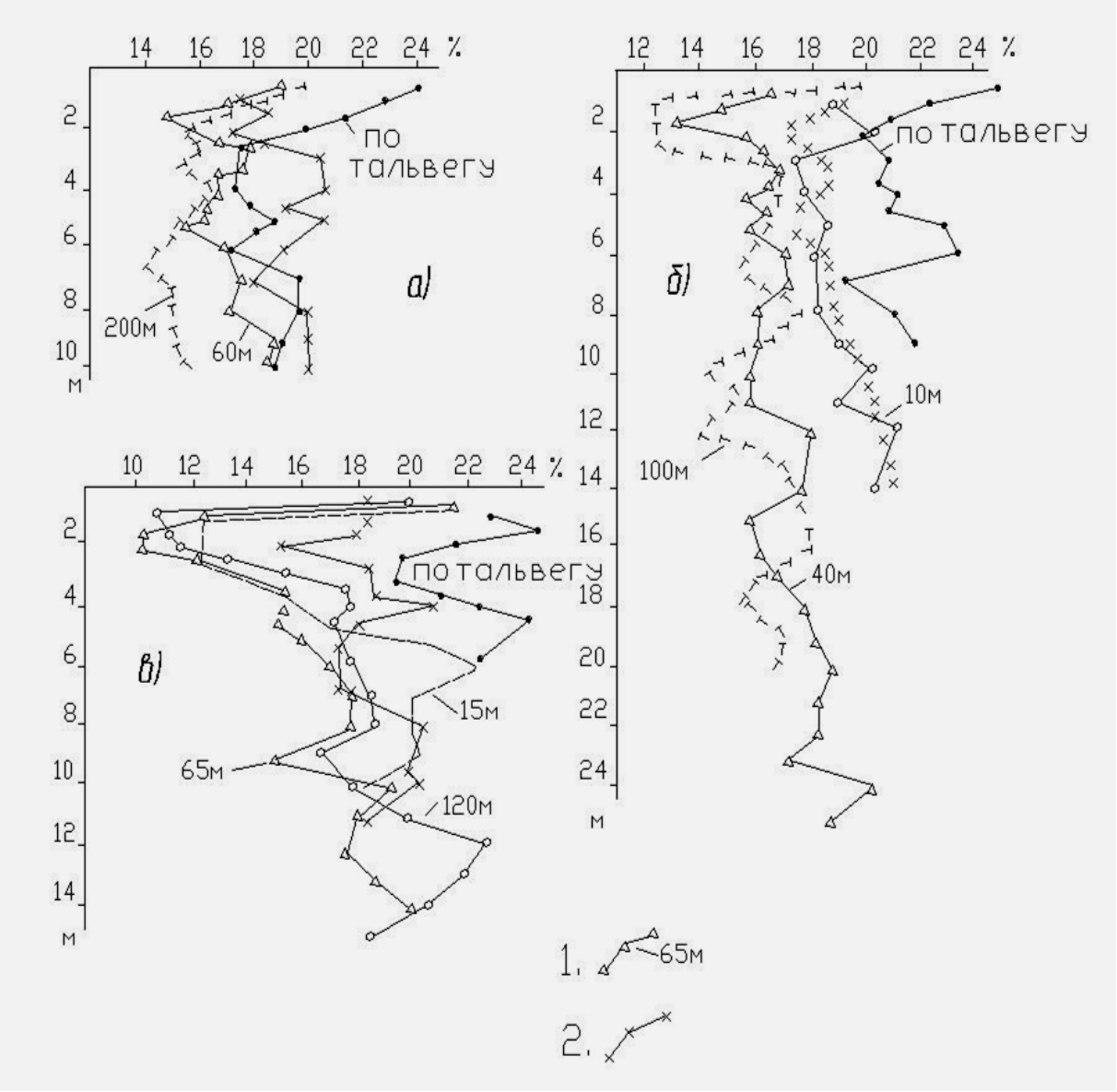


Рис.11 Эпюры влажности сыртовых глин на орошаемом массиве Ершовского ОПХ на разном расстоянии от тальвега ложбин:

а. – ложбина 4-го порядка;

б. – ложбина 10-го порядка;

в. – ложбина 15-го порядка.

1. – естественная влажность (вес) в 65 м от тальвега ложбины;

2. – влажность (вес) на пределе пластичности (максимальная молекулярная влагоемкость).

Таким образом методика изучения инфильтрации получает строгое обоснование и может применяться в практике режимных гидрогеологических наблюдений на оросительных системах, на воднобалансовых участках [76].

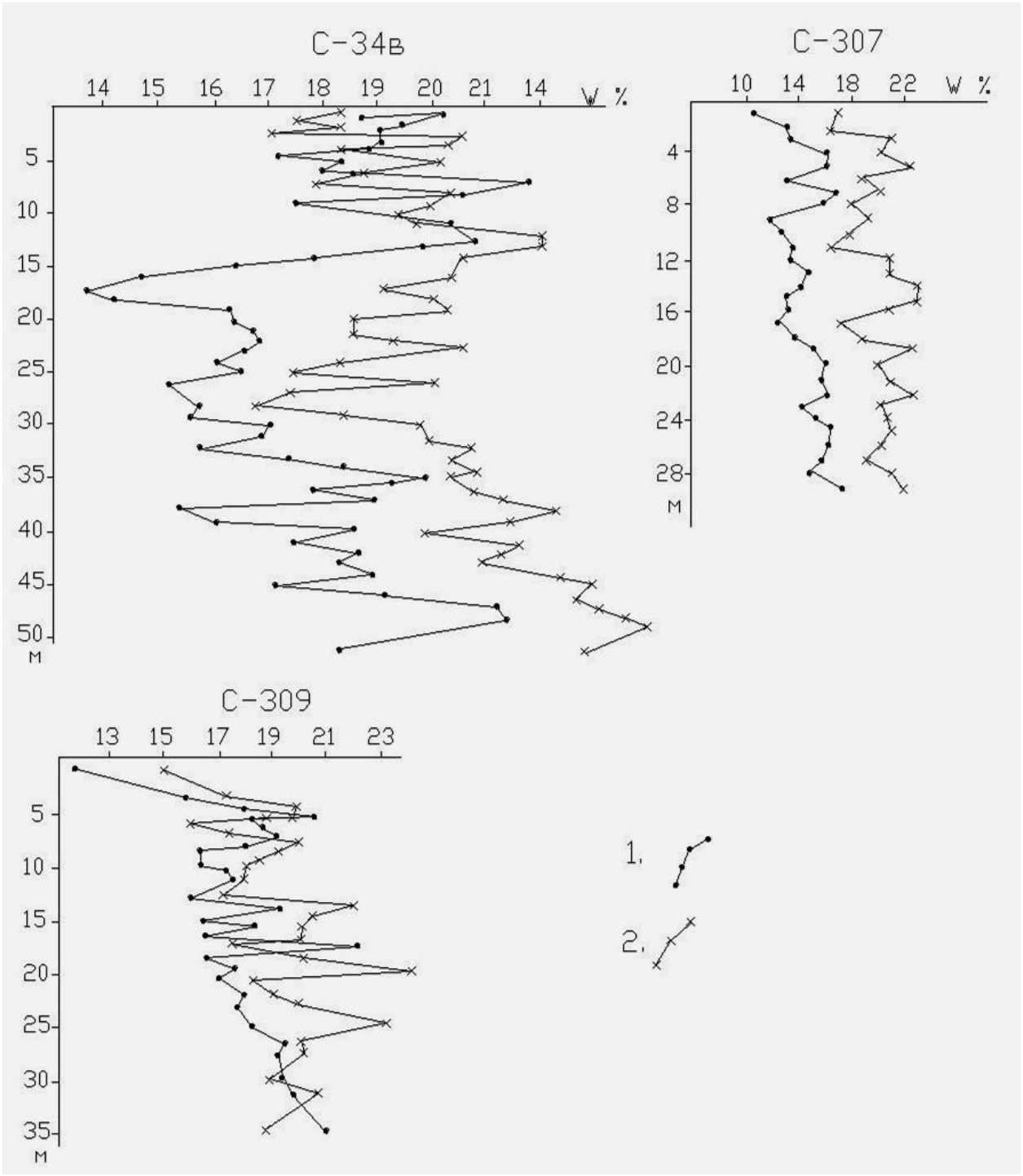


Рис.12 Эпюры влажности (а), плотности (б), гранулометрического состава (в) сыртовых отложений на выпуклых участках рельефа орошаемого массива Ершовского опытного хозяйства:

1. – природная влажность, % от веса;

2. – влажность на пределе раскатывания, % от веса.

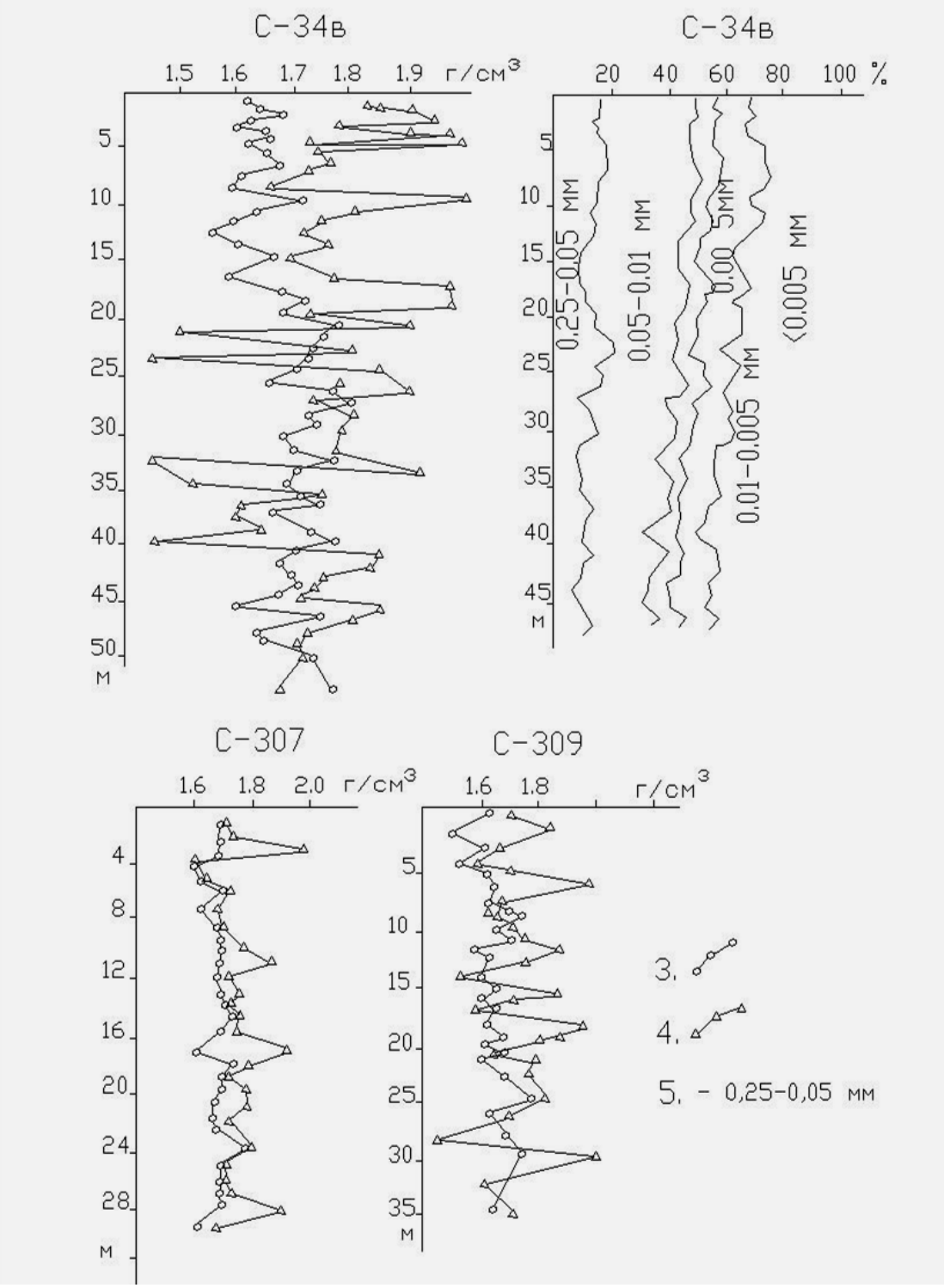


Рис.13 Эпюры влажности (а), плотности (б), гранулометрического состава (в) сыртовых отложений на выпуклых участках рельефа орошаемого массива Ершовского опытного хозяйства:

3. – природная плотность (объемная масса сухой породы);

4. – то же, при оптимальной (максимальной) плотности;

5. – содержание фракций диаметром, мм.

Основываясь на этой методике был разработан и выполнен проект режимных гидрогеологических скважин на территории Саратовской водно-балансовой станции (ВБС) [82].

Проведение режимных гидрогеологических наблюдений на Саратовской ВБС позволит выяснить условия питания и разгрузки апшеронского водоносного горизонта, заключенного в подсыртовых песках.

1.7 Методика мониторинга подземных вод на оросительных системах

При проектировании и строительстве оросительных систем большое значение приобретает правильное размещение режимной сети гидрогеологических скважин с целью своевременного обнаружения вредных для сельскохозяйственного производства изменений гидрогеологических условий.

На водоразделах мощность сыртовых отложений достигает 50 – 70 м, разрезы их представлены красно-, коричнево- и желто-бурыми глинами. Глины имеют алеврито-пелитовую структуру и на 80 – 85% сложены бурой пелитовой массой. Минералогический состав пелитовой фракции по разрезу сравнительно однородный и представлен глинистыми минералами (50 – 60%) и дисперсно-рассеянными карбонатными солями (40 – 50%). Из глинистых минералов почти в равных количествах отмечаются гидрослюды, монтмориллонит, хлорит, каолинит имеет подчиненное значение.

Песчано-алевритовая фракция состоит преимущественно из кварца (60 – 77%) и полевого шпата (14 – 26%).

Объемная масса скелета глин изменяется от 1,55 до 1,85 г/см^3. В разрезе плотные слои часто чередуются с менее плотными, однако с глубиной преобладают плотные слои.

Сыртовые глины повсеместно подстилаются горизонтом среднеапшеронских песков. Пески пылеватые, часто переслаиваются с супесями, суглинками и глинами. Мощность горизонта 15 – 25 м, прослои собственно песков имеют мощность 4 – 5 м, иногда пески в разрезе отсутствуют.

В связи с большой мощностью исключительно глинистых пород и их высокой плотностью гидрогеология Сыртового Заволжья чрезвычайно разнообразна. Регионально выдержанный напорный водоносный горизонт приурочен к среднеапшеронским пескам. Напор составляет 10 – 15 м, минерализация воды 5 – 10 г/л.

Влажность, обводненность и содержание водно-растворимых солей в сыртовых отложениях определяются типом местности и ее рельефными характеристиками: на плакорах и склонах мощность зоны аэрации достигает 30 – 60 м, естественная влажность глин меньше максимальной молекулярной влагоемкости, засоление пород отмечается до глубины 23 – 30 м. Изменение содержания влаги в % от веса сухой породы в разрезе сыртовых отложений Низкой сыртовой равнины представлено на рис. 11 а.

Содержание влаги дано на соответствующем расстоянии от тальвега: 1) – 0 м; 2) – 10 м; 3) – 40 м; 4) – 100 м. Пятая линия показывает равновесную влажность, соответствующую пределу пластичности.

На рис. 14 б,в,г показано изменение содержания ионов токсичных солей в разрезе сыртовых отложений в разных рельефных ситуациях. Солевой профиль на водоразделе представлен на рис. 14 б, в ложбине – на рис. 14 в и в речной долине – на рис. 14 г. В контурах основного комплекса урочищ водоразделов и склонов равнины (ложбин и балок) зона аэрации составляет 5 – 10 м, естественная влажность глин выше максимальной молекулярной влагоемкости, засоление пород отсутствует. В долинах степных рек грунтовые воды залегают на глубине 2 – 3 м, засоление отмечается в почвенном покрове.

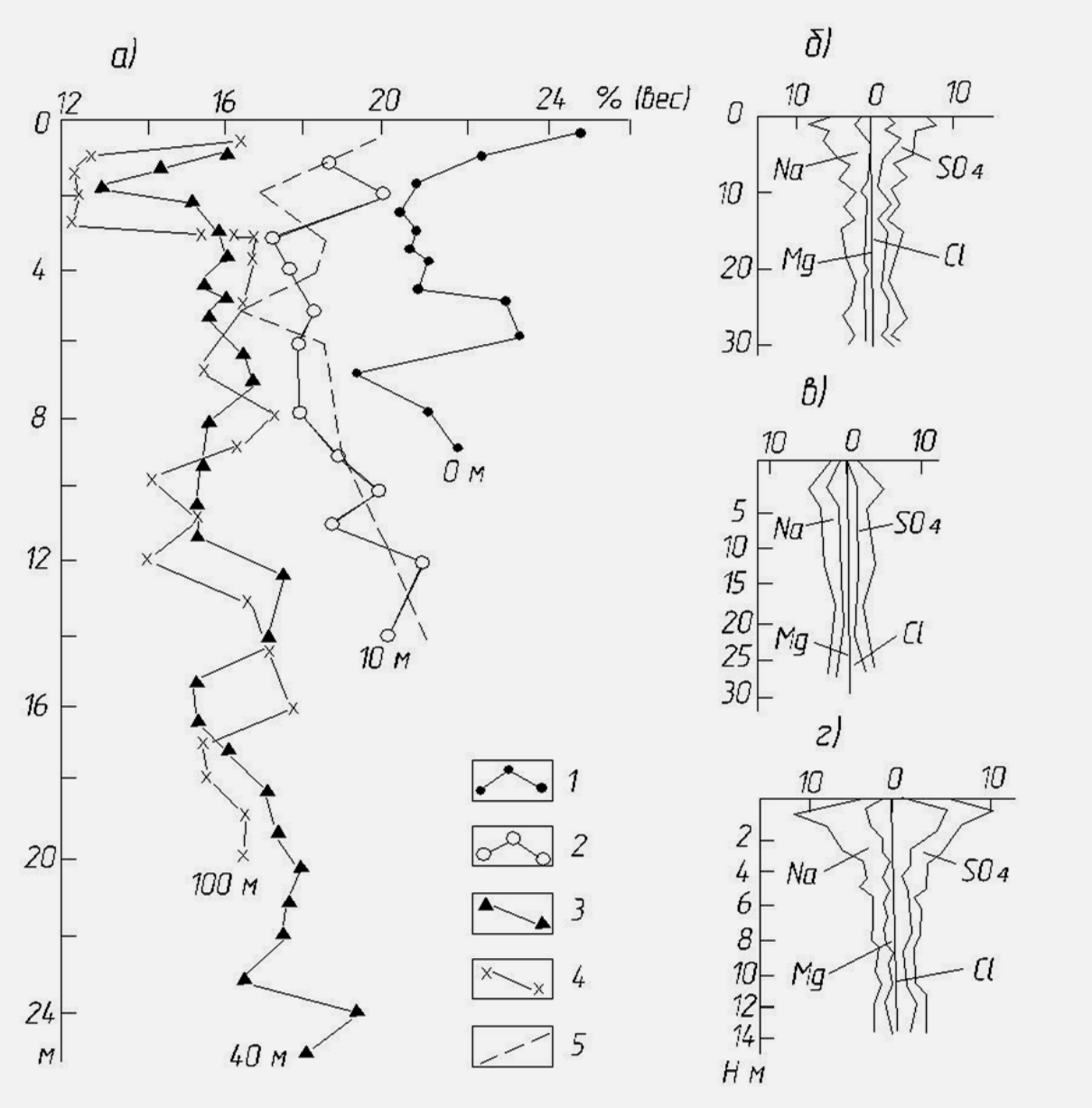


Рис.14

Отмеченное указывает, что инфильтрация в естественных условиях происходит избирательно через систему урочищ. В области урочищ образуются «бугры» пресных вод. Эти воды заключены в толще глин и в связи с локальным распространением и относительным превышением уровня их над напорной поверхностью основного водоносного горизонта носят название верховодок. Воды эти слабоминерализованные или пресные (минерализация менее 3 г/л), на фронте растекания – высокоминерализованные (до 15 – 19 г/л).

Таким образом, специфической чертой гидрогеологии Сыртового Заволжья является наличие верховодки – «бугров» подземных вод, локализованных в пунктах сосредоточенной инфильтрации и сохраняющих свои очертания благодаря фильтрационным свойствам водовмещающих пород. В условиях Сыртового Заволжья орошение способствует образованию верховодок путем инфильтрационного проникновения влаги через понижения рельефа.

Конкретная связь верховодок с различными формами рельефа рассматривалась нами ранее [70]. Основным источником питания напорных вод, заключенных в среднеапшеронских песках, является перетекание верховодок. Вместе с тем механизм этого явления до сих пор практически не изучен.

В задаче о размещении сети режимных скважин на оросительных системах конкретный анализ рельефных условий имеет особое значение, так как объектами наблюдения являются естественные бугры грунтовых вод – верховодки, приуроченные к ложбинам старше 6-го порядка.

Анализ имеющихся проектов размещения режимной сети на орошаемых массивах показывает, что в большинстве случаев скважины задаются бессистемно, преимущественно на возвышенных элементах рельефа равнины. Такое размещение режимных скважин не позволяет правильно оценивать гидрогеологические условия.

Основываясь на правилах разведки и картирования верховодок, нами выработан лучевой принцип размещения ярусов скважин, который позволяет повсеместно прослеживать динамику подземных вод, учитывая ранги очагов питания верховодок. Главное в этом принципе заключается в том, что учитывается избирательность происходящего процесса инфильтрации. Сущность принципа отражается морфометрической картой порядков долин и водоразделов.

Правила задания лучей этажных пьезометров кратно могут быть сформулированы следующим образом: на топографической основе крупного масштаба строится карта порядков долин и водоразделов. За долину первого порядка принимается вогнутость в рельефе вершинной поверхности, устанавливаемая по достаточно заметному изгибу горизонталей. По предложенной ранее методике [71] проводятся контура верховодок.

На седловинном перегибе главного (наибольшего) порядка водораздела, начиная от тальвега ложбины 2-го порядка, задается первый луч ярусных пьезометров, пересекающий контур верховодки. Для этого в луче задается 3 куста. Глубина скважин-пьезометров и расстояния между ними нормируются в соответствии с крутизной фронта «бугра» (верховодки), мощностью водонасыщенной толщи, высотой «бугра» над пьезометрической поверхностью и глубиной залегания подсыртового водоносного горизонта. По опыту режимных наблюдений, на фронте «бугра» глубина установки фильтров непосредственно в ложбине стока обычно составляет 5 и 15 м. В 15 м от тальвега ложбины (в сторону возвышения) закладывается второй куст скважин глубиной 15 и 25 м, в 70 м от тальвега – куст с глубинами скважин 25 и 65 (рис. 15).

При этом получается, что скважина глубиной 65 м контролирует уровень напорного горизонта в самой высокой точке рассматриваемого водораздела. В случае широких седловинных перегибов целесообразно задать луч существенно длиннее (до 500 м) с двумя скважинами на концах луча, заданными на апшеронский водоносный горизонт.

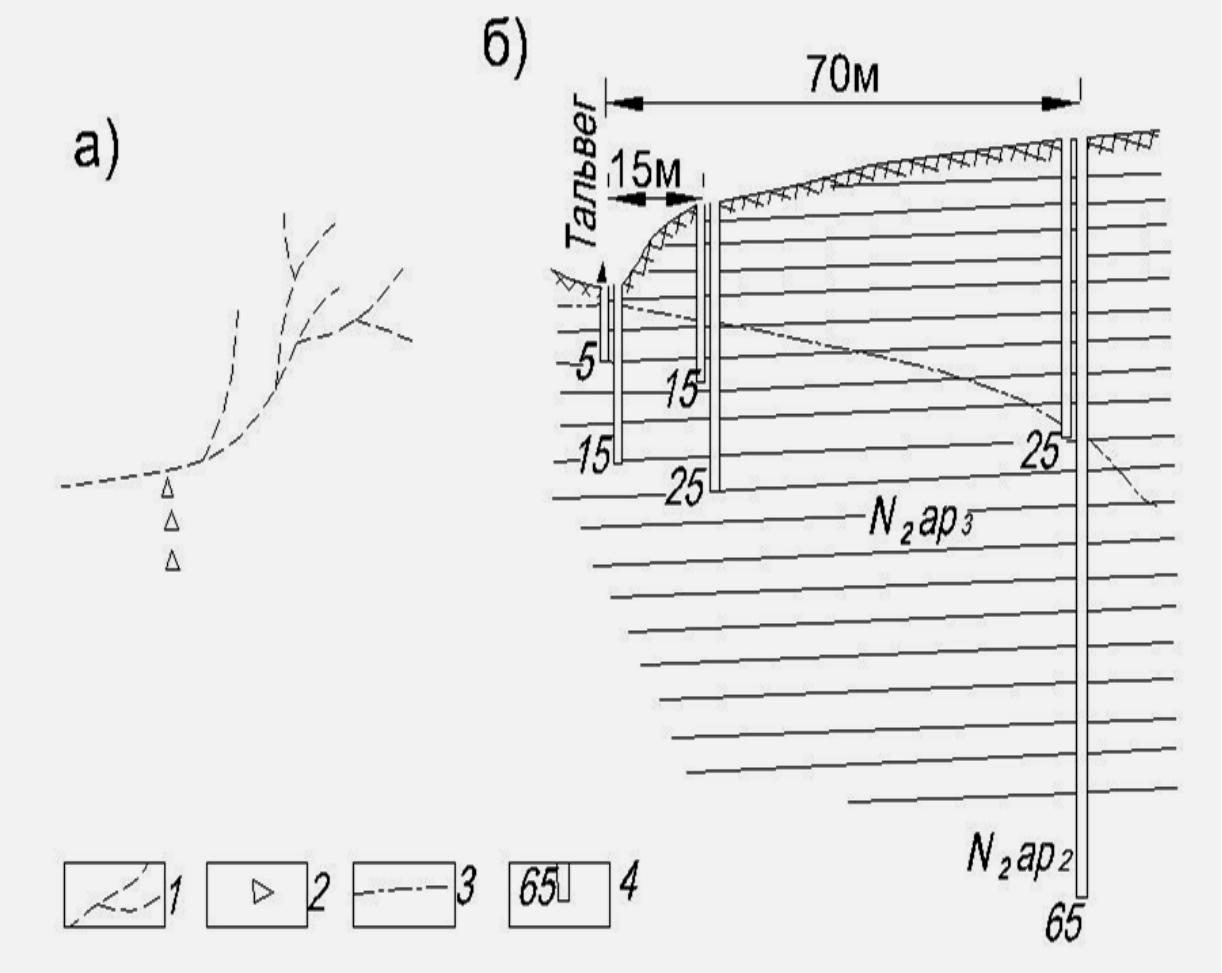


Рис.15 Структура луча режимных скважин-пьезометров в плане (а) и в разрезе (б):
1 – тальвег ложбины стока;
2 – куст скважин-пьезометров;
3 – уровень верховодки;
4 – режимная скважина, цифра внизу – глубина, м.

Следующий луч этажных скважин-пьезометров размещается в месте слияния шести ложбин первого порядка. Глубина скважин в кустах и расстояние между кустами задаются аналогично структуре первого луча. Последующий луч располагается в местах перехода ложбин в балки.

Структуру луча здесь можно сохранить такую же, как и в первых случаях, однако следует иметь в виду, что нередко ложбины при переходе в балку резко сужаются, и в некоторых случаях целесообразно уменьшить

длину луча. В пределах днищ и склонов балок орошение не проводится, так что последующие лучи должны проектироваться с учетом структуры балок, а при переходе последних в речные долины – в соответствии со структурой последних. Это достигается размещением лучей при слиянии балок второго, третьего и так далее порядков. В целом получается створ лучей, идущий в направлении развития эрозионной сети. Длина лучей в области балок и речных долин должна возрастать до 1,0 – 1,5 км. При этом контролируются как наивысшие точки водораздельных поверхностей, так и наиболее низкие точки склонов и днищ долин.

Особенно важно то, что местоположение лучей нормируется структурой рельефа (рангами ложбин стока и долин).

В случаях долин, прорезающих толщу сыртов, целесообразно задавать два луча (створ), пересекающих оба склона, так как симметрия гидрорельефа здесь может не соблюдаться.

Учитывая, что структурные закономерности рельефа сохраняются в пределах значительных территорий, размещение режимных скважин-пьезометров по рассматриваемому принципу становится весьма экономичным для крупных орошаемых массивов (оросительных систем) и районов в целом.

Для изучения взаимосвязи поверхностных и подземных вод необходимо, чтобы часть лучей замыкалась уровенными гидрометрическими постами на поверхностных водотоках. Влияние орошения на формирование верховодки необходимо изучать на массивах с различным севооборотом.

Предлагаемый принцип размещения режимной гидрогеологической сети реализован на территории Саратовской воднобалансовой станции (ВБС). Схема режимной сети приведена на рис. 16.

Лучевой принцип построения режимной сети можно применять и для наблюдения за влиянием оросительных каналов на режим грунтовых вод.

При этом выделяются две категории приканальных створов: створ, характерный для участка канала, заданного в выемке; створ, характерный для участка канала, заданного в насыпи, т.е. пересекающего систему ложбин стока.

Приканальные створы первой категории, как правило, не превышают 1 км и располагаются в пределах возвышения рельефа. Продолжать их далеко за фронт подканального купола грунтовых вод, выдерживая прямолинейность, нецелесообразно, так как неизбежно пересечение «бугров» грунтовых вод, приуроченных к ложбине или долине, т.е. утрачивается назначение этого створа как приканального. В таком луче целесообразно задавать две или три скважины на апшеронский водоносный горизонт.

Приканальные створы второй категории представляют собой систему лучей, расположенных параллельно каналу. Обычно луч начинается с этажных пьезометров в тальвеге ложбины, затем переходит на ее склон и заканчивается на выпуклом участке местности. В принципе приканальный створ может быть совмещен с одним из ранее рассмотренных створов.

Во всех случаях задачи, решаемые с помощью одного луча, сводятся к тому, чтобы непосредственно наблюдать режим купола верховодки в очаге инфильтрации и его влияние на режим апшеронского водоносного горизонта. Интенсивность инфильтрации может быть подсчитана для одной точки с помощью формулы:

$$\Delta W = (h_k - h_{\text{н}})\,\mu_0\,,$$

где ΔW – изменение запасов вод в контуре верховодки; $h_{\text{н}}$ – глубина залегания зеркала верховодки в начальный период наблюдений, м; h_k – глубина зеркала верховодки в конечный период, м; μ_0 – водоотдача – объем воды, извлекаемый из единицы объема водонасыщенного грунта под действием сосущей силы 0,15 атм.

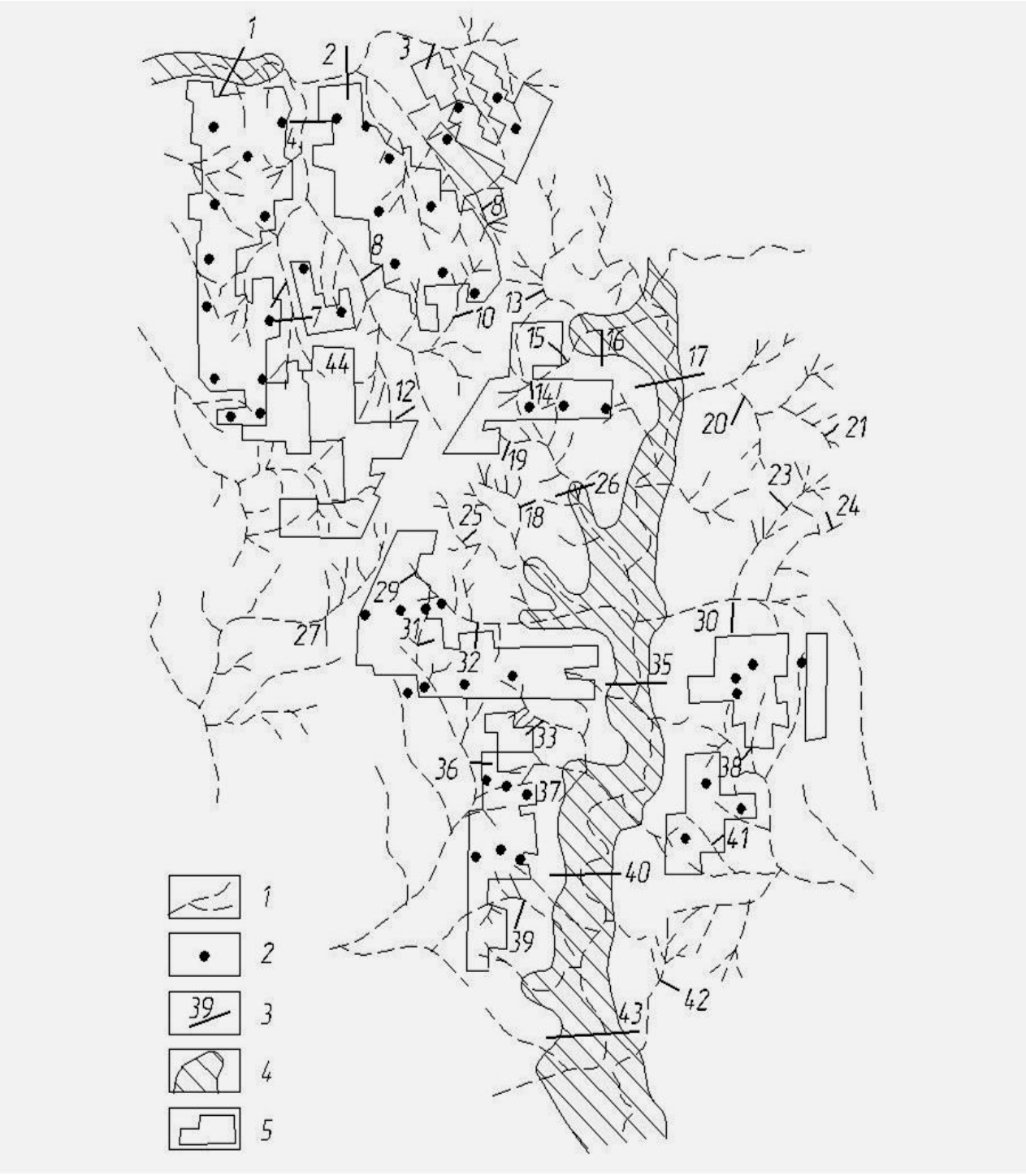


Рис.16 Схема режимной сети:

1 – тальвег долины;

2 – режимная скважина, предусмотренная в проектах орошаемых участков;

3 – луч режимных скважин-пьезометров и его номер;

4 – долина р. Б.Узень;

5 – контур орошаемого участка.

Задачи, решаемые с помощью створа лучей, сводятся к наблюдению за режимом очагов инфильтрации разной категории. Кроме того, с помощью их вырисовывается гидравлический профиль основного водоносного горизонта по двум направлениям; тальвегам ложбин и долин и водоразделу.

Этот принцип полностью реализован при строительстве режимной сети на территории Саратовской ВБС.

В целом для территории ВБС, по данным режимных наблюдений, на любой момент времени возможно построение карт контуров верховодок и пьезометрической поверхности апшеронского горизонта.

Составление таких карт дает возможность по имеющимся в литературе методикам подсчитать водный баланс в целом по территории ВБС, а также в пределах контуров отдельных бассейнов.

Режимная сеть ярусных гидрогеологических скважин для мониторинга подземных вод на территории орошаемых земель Саратовской ВБС закончена строительством в 1985 г., в составе наблюдательной сети оборудованы глубокие 51,0 – 53,0 м безводные скважины. Здесь получают подтверждение результаты многолетних наблюдений за режимом верховодки, влагопереносом (инфильтрацией) на орошаемых землях Ершовской опытно-мелиоративной станции и Ершовского ОПХ: локализация верховодки в толще сыртовых глин и в плане и по глубине, бесперспективность применения вертикального дренажа, невозможность региональных гидрогеологических изменений при широком развитии орошения земель Сыртового Заволжья.

1.8. Методика фильтрационных исследований рельефообразующих почво-грунтов

В настоящей работе на обсуждение впервые выносятся простые способы массового (многоточечного) опробования в полевых и лабораторных условиях фильтрационных и емкостных характеристик слабоводопроницаемых почво-грунтов [81].

Рассмотрим предварительно простейшую схему фильтрационных испытаний слабопроницаемых почво-грунтов на относительно больших образцах ненарушенной структуры цилиндрической формы (монолитах), которые обычно отбираются из скважин для инженерно-геологических оценок.

Подготовительные работы при этом сводятся к следующему: монолит диаметром 100 – 120 мм и высотой 15 – 20 см отбирается из скважины при вскрытии водоносного горизонта, сразу же помещается в жесткий цилиндр (трубу), диаметром 127 – 130 мм, пространство между монолитом и внутренними стенками трубы заливается расплавленным битумом, торцы монолита зачищаются, чтобы до краев трубы оставалось 3,0 – 5,0 см.

С нижнего торца на зачищенную поверхность монолита засыпается мелкий гравий и слегка утрамбовывается вровень со срезом трубы. Затем накладывается крышка из прозрачного органического стекла, которая плотно прижимается специальными болтами. Для герметизации образовавшейся камеры между крышкой и срезом трубы вставляется резиновая прокладка. Для подачи воды в камеру к крышке подсоединяется гибкая прозрачная трубка (кембрик) внутренним диаметром 3 – 5 мм.

Непосредственно на буровой площадке оборудуется полевая лаборатория: монолит крепится на штативе, здесь же крепится горизонтальная планка с сантиметровыми делениями (шкалой), к планке затем прикрепляется водоподающая (водоотводящая) трубка (рис. 17).

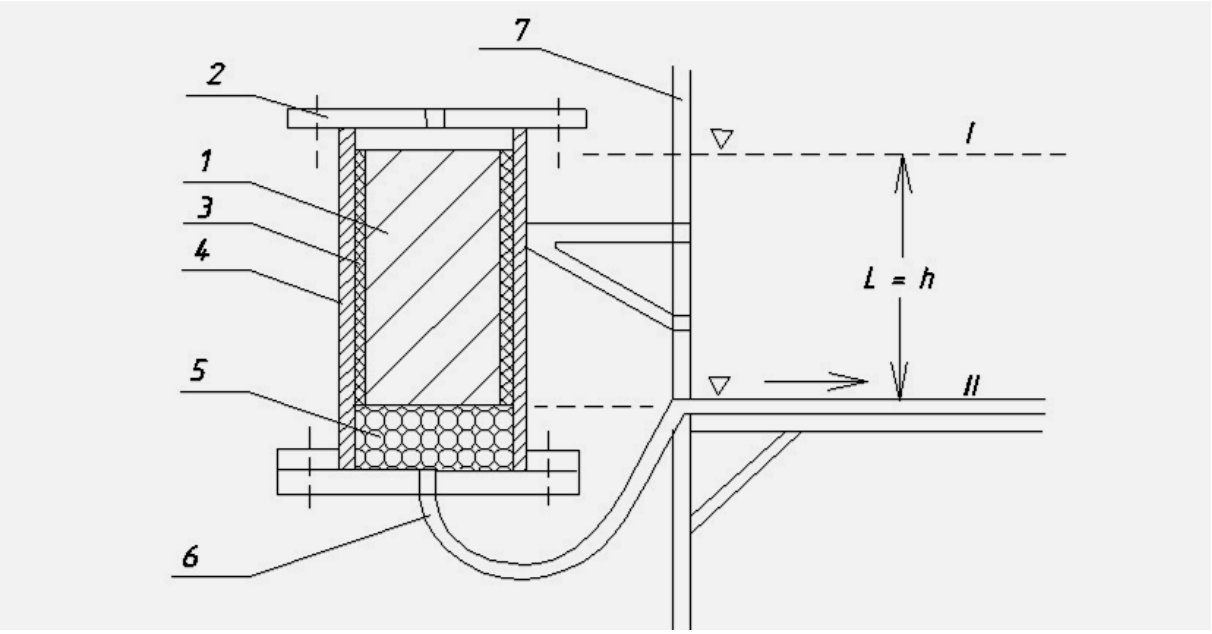


Рис.17 Схема оснастки монолита для изучения емкостных и фильтрационных параметров слабопроницаемых почво-грунтов: 1 – монолит; 2 – крышка; 3 – гидроизоляция; 4 – труба (цилиндр) металлическая; 5 – засыпка гравийная; 6 – трубка гибкая прозрачная водоподающая; 7 – штатив; I – уровень водонасыщения монолита; II – уровень дренирования; L – длина монолита; h – напор.

В стационарных условиях для организации опытов могут быть использованы столы и стеллажи.

Фильтрационные испытания начинаются с подачи воды в нижнюю камеру оснащенного монолита. На верхний торец монолита гравий не засыпается для того, чтобы через крышку можно было наблюдать высачивание воды на срезе монолита.

При подаче воды в нижнюю камеру необходимо выпустить защемленный воздух.

Для этого монолит разворачивают в горизонтальное положение, между крышкой и резиновой прокладкой заклинивают металлическую пластинку (нож) и добиваются полного вытеснения воздуха водой.

В опыте используется вода, отобранная из скважины в месте отбора монолита. Затем монолит разворачивают в исходное вертикальное

положение. Водоподающую трубку укладывают на горизонтальную планку в положение (I) вровень с верхним срезом монолита. Когда на верхнем срезе монолита выступит вода, планку водоподающей трубкой перемещают в нижнее положение вровень с нижним срезом монолита, на шкале отмечают положение фронта воды, начинаются наблюдения за его продвижением.

Для простоты расчетов коэффициента фильтрации и водоотдачи предварительно рассчитывают цену деления (объем воды в трубке на единицу длины) и составляют график зависимости коэффициента фильтрации от скорости продвижения фронта воды в трубке.

Величина водоотдачи определяется в течение суточных наблюдений.

В этом случае водоотдача соответствует условиям незначительного снижения уровня грунтовых вод соответственно высоте монолита.

Для того, чтобы получить величину водоотдачи слабопроницаемых грунтов применительно к условиям работы дренажа, планку с водоотводящей трубкой опускают на требуемую величину снижения уровня грунтовых вод.

Предварительно для этого опыта вместо гравийной засыпки к нижнему срезу монолита плотно прижимают полупроницаемую пластину (мембранный керамический фильтр), либо сразу водную камеру (воронку) с керамическим фильтром.

Такие фильтры можно подобрать из лабораторного фильтровального оборудования (бактериологические фильтры) с нужными коэффициентом фильтрации и давлением барботирования (давлением, при котором через водонасыщенную пластину проскакивает воздух).

В стационарных условиях фильтрационные опыты с монолитами можно вести при подаче воды на верхний срез монолита (положение I) и отводе на уровне нижнего среза (положение II).

Основываясь на законе Дарси, по результатам наблюдения за истечением воды из монолита можно составить расчеты фильтрационных и емкостных параметров по следующим уравнениям:

$$V = \frac{Q}{F} = \frac{Q}{\pi r^2} = \Delta h; \quad (1)$$

$$\mu^* = \frac{Q}{\pi r^2 h} = \frac{\pi r^2 \Delta h}{\pi r^2 h} = \frac{\Delta h}{h}; \quad (2)$$

$$K = \frac{V}{J} = \frac{\Delta h}{J} = \Delta h; \quad (3)$$

$$J = \frac{h}{L} = \frac{h}{h} = 1; \quad (4)$$

$$L = \frac{\Delta h}{\mu^*} = \frac{K}{\mu}; \quad (5)$$

где V — расход фильтрации воды через монолит;

Q – расход воды;

Δh — слой воды, вышедший из монолита;

r — радиус монолита;

μ — водоотдача;

K — коэффициент фильтрации;

h — высота монолита;

L — расчетный путь фильтрации.

Перейдем теперь к оценке параметров способом восстановления уровня воды в скважине.

Представим себе скважину (рис.18), из которой в водонасыщенной зоне взят монолит, а стенки скважины загерметизированы так, что поступление воды возможно только через дно (в скважину плотно к стенкам вставлены обсадные трубы).

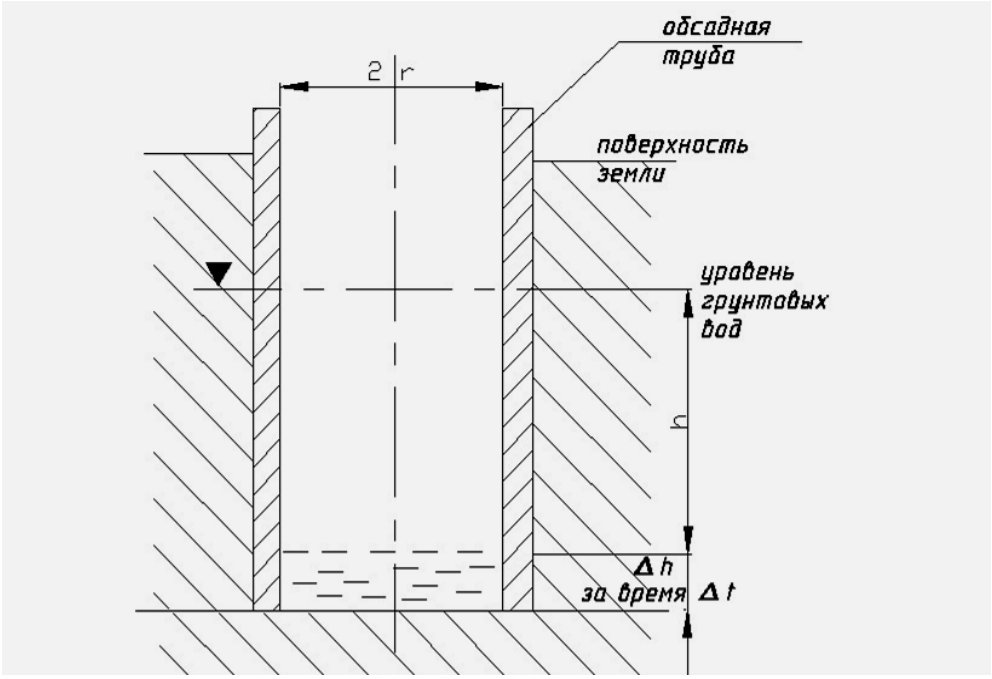


Рис.18 Скважина

Допустим, что в одно мгновение мы оснастили монолит по вышеприведенной схеме (рис.17) и ведем одновременно наблюдения за выходом воды из монолита и поступлением воды в скважину через дно (рис.18,19).

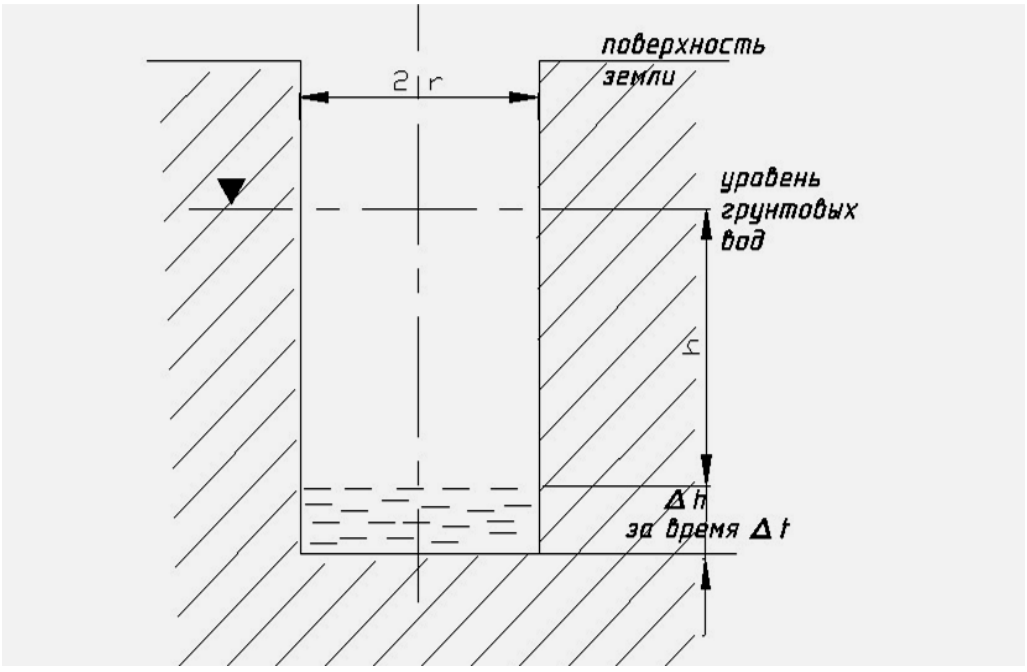


Рис.19 Скважина без обсадной трубы

Очевидно, что в короткое мгновение слой воды, вышедшей из монолита (h) будет равен слою воды, скопившейся на дне скважины.

Тогда по результатам наблюдения за восстановлением уровня воды в скважине возможно составить уравнения:

$$V = \frac{Q}{F} = \frac{Q}{\pi r^2} = frac\Delta h\Delta t; \quad (1.2)$$

$$\mu = \frac{Q}{\pi r^2 h} = \frac{\Delta h}{h}; \quad (2.2)$$

$$K = \frac{V}{J} = \frac{\Delta h}{J} = \Delta h; \quad (3.2)$$

$$J = \frac{h}{L} = \frac{h}{h} = 1; \quad (4.2)$$

$$L = \frac{\Delta h}{\mu} = h; \quad (5.2)$$

где V — скорость фильтрации;

F — площадь дна скважины;

K — коэффициент фильтрации;

J — градиент напора;

Δh — прирост уровня воды в скважине вод за время Δt;

r — радиус скважины;

h — столб воды в скважине при установившемся уровне;

μ — водоотдача;

L — расчетный путь фильтрации.

Из анализа рассмотренных уравнений ясно, что расчетный (предполагаемый) путь фильтрации определяется через отношение $\frac{\Delta h}{\mu}$; градиент напора определяется отношением h: $\frac{\Delta h}{\mu}$; водоотдача определяется отношением $\frac{\Delta h}{h}$; формула для определения коэффициента фильтрации

методом восстановления уровня воды в скважине, закрепленной обсадными трубами, имеет вид:

$$K = \frac{\Delta h}{\Delta t} \tag{3.2}$$

где Δt — время, за которое на дне скважины образуется слой воды Δh.

В слабопроницаемых грунтах полутвердой и тугопластичной консистенции при заглублении забоя скважины на 1-3 м ниже уровня грунтовых вод заплывание стенок не происходит.

В этом случае после вычерпывания приток воды будет происходить преимущественно через стенки. Поэтому по замерам уровня воды после вычерчивания возможно составить следующие уравнения:

$$V = \frac{Q}{F} = \frac{Q}{2\pi r h}; \tag{1.3}$$

$$\mu = \frac{\Delta h}{h}; \tag{2.3}$$

$$K = \frac{V}{J} = \frac{r\Delta h}{2h}; \tag{3.3}$$

$$J = \frac{h}{L} = \frac{h\mu}{\Delta h}; \tag{4.3}$$

$$L = \frac{\Delta h}{\mu}. \tag{5.3}$$

При учете притока воды в скважину из стенок и дна формула коэффициента фильтрации имеет вид:

$$K = \frac{Q}{\pi r(2h + r)} : \frac{h\mu}{\Delta h} = \frac{r\Delta h}{2h + r}; \tag{6}$$

Как отмечено выше, уравнения (3.2), (3.3), 4(6) справедливы на мгновение. В ряде случаев (плотные глины) эти мгновения весьма заметны (сутки и десятки суток). Поэтому их использование допустимо лишь в

грубом приближении, когда наполнение скважины не превышает 5-10% от величины столба воды при установившемся уровне ($\frac{\Delta h}{h} < 0{,}1$).

В случае неустойчивых грунтов скважину необходимо обсадить фильтром.

Для мгновенного вычерпывания воды из скважины необходимо подготовить специальную желонку.

Дренирование водонасыщенных монолитов (определение водоотдачи) позволяет фиксировать относительную водоупорность грунтов.

Определение водоотдачи и водопроницаемости почво-грунтов на монолитных образцах ведется многими лабораториями, однако обычно допускается капельное истечение воды из монолита в мерную бюретку. Поэтому исключается возможность отслеживания сплошности водного тела (потока), которое изменяет свой объем в зависимости от изменения атмосферного давления.

Давление атмосферного воздуха изменяется постоянно вследствие изменения температуры от дня к ночи.

Так стандартными опытами не замечается, что начавшийся при понижении давления (день) процесс водоотдачи сменяется затем процессом впитывания воды грунтом.

Рассматриваемый же способ исследований водоотдачи и фильтрации не допускает разрыва водной сплошности (вода из монолита переходит в трубку) и поэтому позволяет изучать скорость фильтрации в зависимости от изменения атмосферного давления и в соответствии с этим открывает иной взгляд на фильтрацию воды через слабопроницаемые грунты.

Для выполнения опытов, устанавливающих относительную водоупорность грунтов необходимо соблюдать, следующие условия:

1. наблюдения за выходом воды из монолита должны быть достаточно продолжительными;

2. разрывов водного тела в трубке не должно быть;

3. одновременно с наблюдением за водоотдачей производится наблюдение за изменением давления атмосферного воздуха.

Поэтому такие опыты возможно выполнить лишь в стационарных условиях.

Датчик текущего изменения давления атмосферного воздуха изготавливается из монолита грунта. Оснастка монолита-датчика (рис.20) аналогична описанной выше. При этом важно, чтобы объем монолита-датчика был равным объему испытываемого на фильтрацию монолита и однороден с ним.

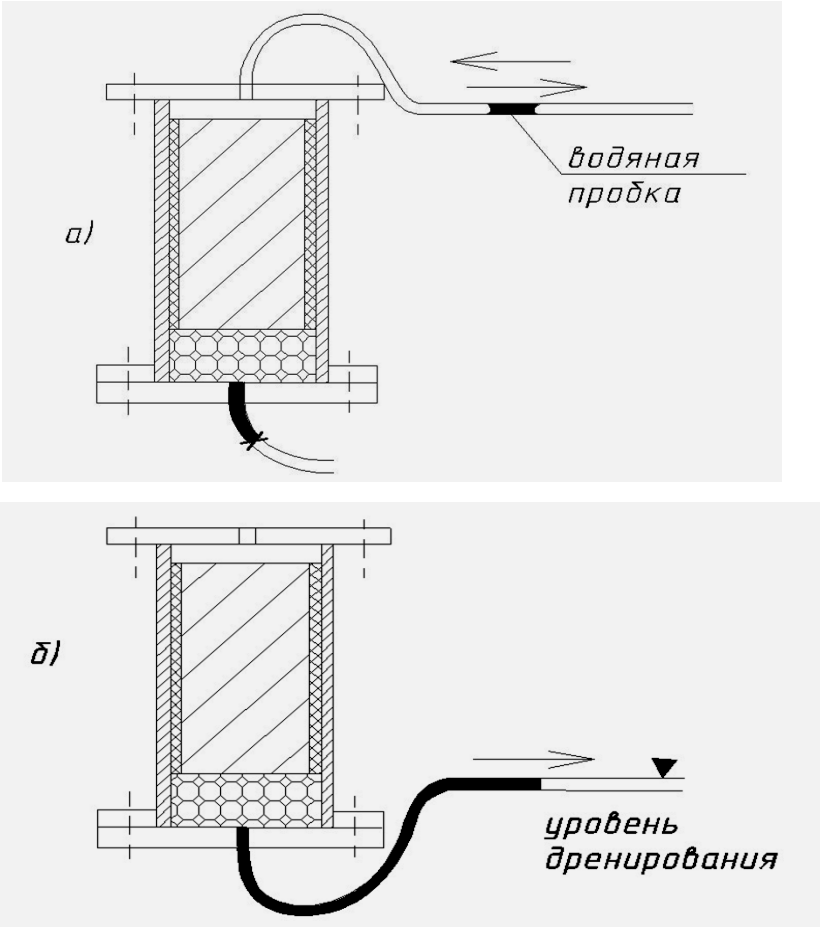


Рис.20 Схема оснастки монолитов при испытании относительной водоупорности глинистых почво-грунтов; а – монолит-датчик; б – монолит, установленный на определение водоотдачи

Оснащенный монолит-датчик имеет воздушную трубку, подсоединенную к верхней крышке. Нижняя крышка герметично закрывает цилиндр снизу (водоподающая трубка наглухо перекрыта).

В воздушную трубку вводится водяная или масляная пробка длиной 2-3 см. Затем трубку укладывают на горизонтальную планку.

Так как водяная пробка закрывает свободный доступ воздуха в монолит, то изменение атмосферного давления приводит пробку в движение: при повышении атмосферного давления объем защемленного в монолите воздуха уменьшается, а при уменьшении, наоборот, увеличивается.

Опыт в том и заключается, чтобы объемные изменения по монолиту-датчику сравнить с величиной водоотдачи за одно и то же время.

В случае, если монолит взят из относительно водоупорных почво-грунтов, водоотдача либо отсутствует вовсе, либо равна объемным изменениям в монолите-датчике, что доказывает условный характер водоотдачи, то есть водоотдача может происходить за счет вытеснения воды защемленным воздухом, увеличивающим свой объем в связи с увеличением температуры атмосферного воздуха, а следовательно, с уменьшением атмосферного давления.

Схему испытания монолитов можно модифицировать для более полной увязки фильтрационных и емкостных параметров. Универсальной можно считать схему, представленную на рис. 21.

Можно также дать другую задачу монолиту-датчику. Например, (рис.22) можно заглушить воздушную трубку, а водяную установить в вертикальное положение.

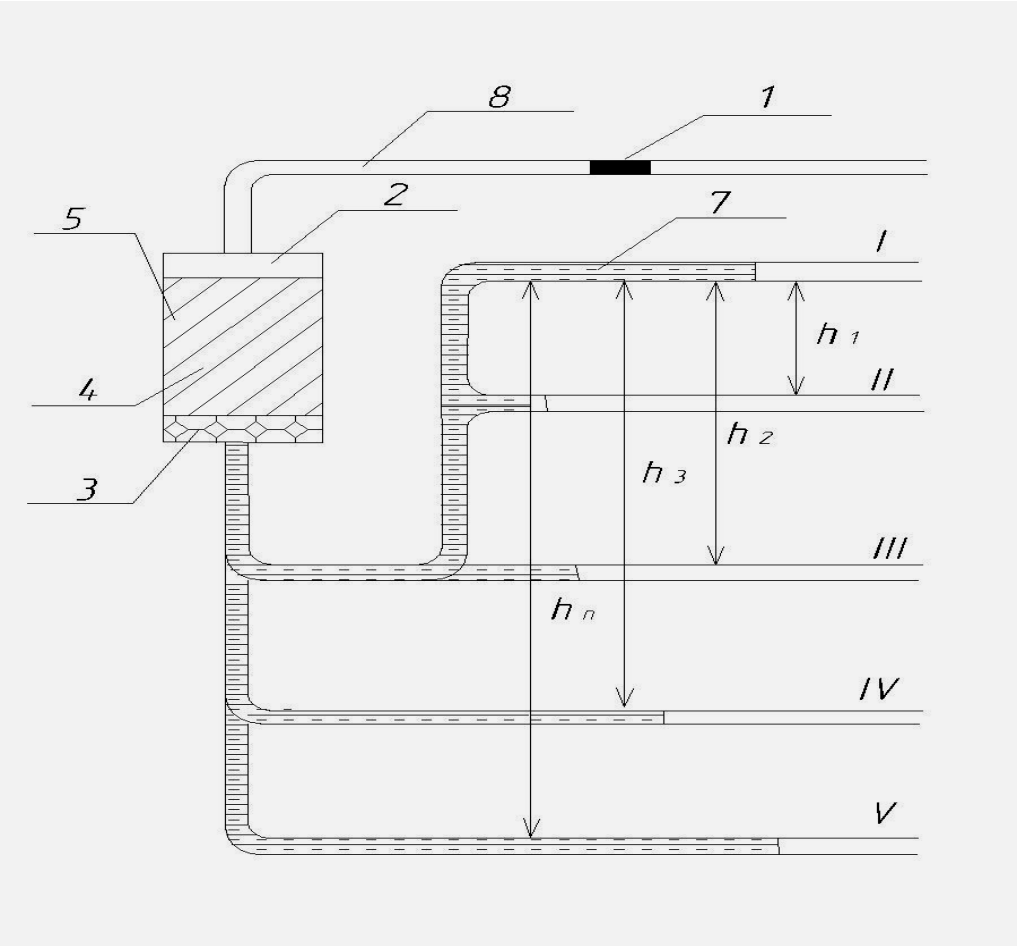


Рис.21 Схема изучения активной пористости слабопроницаемых почво-грунтов; 1 – масляная или водяная пробки; 2 – крышка; 3 – полупроницаемая мембрана; 4 – монолит; 5 – металлический цилиндр; 6 – прозрачная гибкая трубка; 7 – вода; h – отрицательное давление (напор)

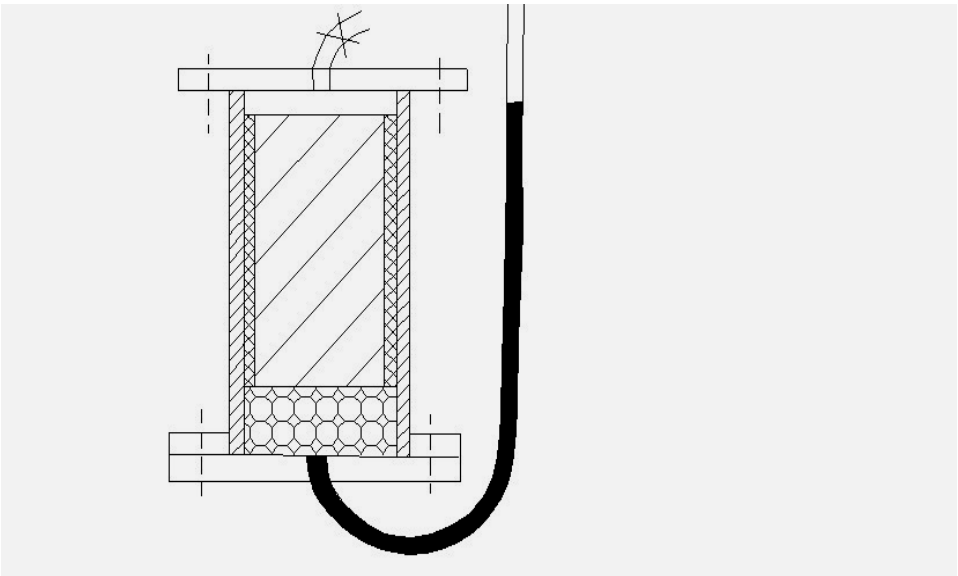


Рис.22 Вариант исполнения датчика

Эта схема дает возможность производить изменение внутри-монолитного давления воды.

Объективный критерий водоупорности почво-грунтов при малых гидравлических напорах — отсутствие водоотдачи при повышении давления атмосферного воздуха. Относительно водоупорный почво-грунт не имеет водоотдачи. Дренажи в нем работать не будут.

Рассматриваемый способ оценки структурной (фильтрационной) неоднородности слабопроницаемых водонасыщенных грунтов позволяет расширить диапазон сравнений и корреляций при схематизации потоков грунтовых вод.

Вместе с этим способ не ведет к увеличению затрат на гидрогеологическое обоснование проектов дренажа.

Восстановление уровня воды в скважине — это сопутствующие при бурении гидрогеологические наблюдения.

При этом надо подчеркнуть, что изучение структурной неоднородности грунтов не отменяет традиционное фильтрационное опробование водоносных толщ, а предполагает лишь объективный принцип размещения точек опробования.

Впрочем, для весьма слабоводопроницаемых пород традиционные методы опробования фильтрационных свойств непригодны.

Логическая основа изучения структурной неоднородности грунтов позволяет проводить районирование территорий по плотности размещения дренажа на стадии изысканий.

Например, по аналогии с выражением предполагаемого пути фильтрации через стенки скважин можно записать параметр условной дальности действия дренажа:

$$L^* = S{:}\frac{\Delta h}{h}; \qquad (7)$$

где L^* — дальность действия дренажа;

S — разность напоров на междренье и по линии дренажа;

Δh — прирост уровня грунтовых вод нав междренье за счет инфильтрации ($\Delta h = \frac{W}{\mu}$);

W — интенсивность инфильтрации;

μ — водоотдача;

h — напор.

При условии S = 1 уравнение (7) преобразуется к виду:

$$L^* = \frac{h}{\Delta h}; \tag{8}$$

Подставляя вместо Δh его определяющие параметры W и μ, получаем:

$$L^* = ds\frac{h\mu}{W}. \tag{9}$$

Как видно из (9), параметр L^* позволяет учесть структурную неоднородность водоносного пласта, чего нет в традиционных расчетах дренажа. Очевидно, этот параметр требует специальных исследований его пригодности для применения в окончательных расчетах дренажа.

Этой методикой с успехом могут воспользоваться крестьянские и фермерские хозяйства в решении своих локальных проблем защиты от подтопления земельных участков.

1.9. Методика регулирования стока посредством широкобороздной технологии возделывания картофеля

Практика высадки картофеля в борозде или неглубокой траншее не нова. Этот прием часто используется на приусадебных и огородных участках. Речь здесь пойдет о параметрах бороздования полей и о тех целях, которые достигаются обоснованными параметрами бороздования полей, обоснованным размещением участков бороздования, о неотложности масштабного внедрения новой технологии широкобороздового возделывания картофеля.

В рассматриваемой технологии аккумулируется взгляд разных научных дисциплин по проблемам эффективности сельскохозяйственного использования земель, ставится задача по специальной инженерной подготовке картофельного поля.

Общее представление о широкобороздовой технологии следующее:

Осенью поперек уклона рельефа поля нарезаются борозды глубиной 60 см, шириной по низу 40 см, расстояние между бороздами 0,8-1,0 м. Одновременно с нарезкой борозды на дно ее укладывается солома толщиной слоя в рыхлом состоянии 7-10 см. Общий вид подготовленного таким образом поля — высокогребневая правильно-волнистая пашня. Однако при этом в непосредственной обработке участвует лишь 30-35 % площади поля (борозды), что значительно экономит топливо, время, ремонтные услуги.

Весной картофель высевается на дно борозды (непосредственно на солому), специальные рыхлители, рыхля гребень, присыпают картофель в борозде.

Летом, когда картофельная ботва поднимается над дном борозды на 10-15 см, специальными рыхлителями производится прополка-окучивание и одновременно опрыскивание от колорадского жука. Прополка-окучивание и опрыскивание производятся затем в период выхода

цветовых бутонов. В результате вторичного окучивания гряды на поле имеют обращенный вид: гребень пашни приходится на картофельный ряд, а междурядье представляет собой траншею-борозду глубиной 30-40 см, обеспечивающую отвод избыточных вод в дождливый август.

В конце лета или в начале осени в погожие дни производится уборка картофеля. В результате уборки поле вновь приобретает свой первоначальный вид: правильная волнистая пашня с глубиной траншеи-борозды 60 см с уложенным по дну слоем соломы.

Картофельные клубни получаются крупные диаметром 4-12 см, плотные, хорошо хранятся, вкусовое качество — неизменно высокое. По предварительным оценкам урожайность можно довести до 500 центнеров с гектара, возможно и больше.

Параметр ширины борозды — это параметр влагообеспечения, он обосновывается расчетным путем.

Параметр глубины — это параметр защищенности корневой системы от испарения и перегревания, он также рассчитывается.

Рассмотренные параметры дают большие возможности для мульчирования корнеобитаемой зоны путем рыхления, а также для хорошего окучивания.

Важна роль и слоя соломы — это защита от весеннего испарения, систематическое внесение удобрений, а для периода клубнеобразования — это высокая податливость почвы на раздвигающее давление в процессе клубнеобразования.

Параметрическими являются и элементы картофельного поля:

– ситуативно участки бороздования — это «стокообеспеченные участки»;

– направление борозд — строго по рельефу (поперек склона);

– ширина участков — ширина зоны перехода плоскостного стока в линейный.

Теоретически в технологии нет ничего, что требовало бы специальных доказательств. Однако необходимо проведение опытно-производственных работ с целью решения вопросов по технической оснастке и оборудованию, механизации полеводческого процесса соответственно параметрам бороздования.

Решить вопросы по выбору первоочередных объектов бороздования, типизировать объекты бороздования по условиям рельефа и почвенного покрова, создать образцы требуемого картографического материала и методику его использования.

В настоящее время рельефные особенности сельскохозяйственных полей используются недостаточно. Вспашка, например, ведется не поперек склона рельефа поля, а вдоль лесополос и это обстоятельство ведет к катастрофическому сносу гумуса (почвы беднеют).

Масштабное внедрение широкобороздовой технологии возделывания картофеля позволит резко изменить ситуацию, остановить процесс истощения почв, повысить эффективность картофелеводства, создать высокий уровень богарного земледелия.

Здесь мы исходим из действующих экономических моментов:

– общественный ущерб сельскохозяйственного производства — незарегулированный сток;

– потенциальная общественная прибыль — это высокоэффективное богарное картофелеводство, нацеленное на регулирование поверхностного стока.

1.10. Методика изучения причин подтопления и суффозии в селитебной зоне г.Саратова

Условия питания первого от поверхности водоносного горизонта на территории г. Саратова определяется рельефом местности и водопроницаемостью покровных и рельефообразующих грунтов, а также состоянием подземных трубопроводов тепло- водо- и кансети. Практически при изысканиях эти обстоятельства не учитываются так как имеются проблемы методического характера:

1. рельеф местности должен быть строго классифицированным и в соответствии с классификацией должны быть выполнены и разведочные и режимные гидрогеологические наблюдения, таких требований в традиционных методических руководствах нет;

2. в методике нормируется количество точек наблюдений на единицу площади, распределить которые по классам рельефа не представляется возможным;

3. фильтрационное опробование относится к пластам, горизонтам, но не к рельефообразующим грунтам;

4. в практике изысканий закрепился подход, допускающий давать оценку гидрогеологических условий объектов строительства на основе бурения инженерно-геологических скважин, т.е. на основе попутных не регламентированных гидрогеологических наблюдений.

Эти недостатки традиционной практики гидрогеологических изысканий не позволяют составить обоснованный гидрогеологический прогноз.

Отметим, что при проведении гидрогеолого-съемочных работ на городской территории (СГУ 1986г.) и последующих затем режимных наблюдений (СГГЭ 1992-93 г.г.) легших в основу проектных проработок инженерной защиты г. Саратова от подтопления (ВНИИВОДГЕО, 1992-97

г.г.) исследования рельефа местности и связанных с ним условий питания первого от поверхности водоносного горизонта не проводились.

Необоснованно была принята концепция о повсеместной инфильтрации и систематическом подъеме уровня грунтовых вод. Научные работы оказались не результативными, так как далеко не полно учитывается энергия рельефа. весьма слабая водопроницаемость и водоупорность рельефообразующих грунтов и фактическая изношенность подземных трубопроводов тепло- и водосети.

На самом деле в городе происходит образование локальных водоносных горизонтов верховодки в местах концентрации и задержки поверхностного стока и долговременных течей из подземных трубопроводов тепло- водо- и кансети.

Это обнаружилось в результате многолетнего обследования водосборов концентрирующих сток на дворовых территориях жилых домов, административных и производственных зданий, проведенных МУП «Водосток» по заказам застройщиков, администраций районов, депутатским запросам, жалобам населения о подтоплении. При обследовании водосборов учитывается состояние подземных коммуникаций, поверхности дорог, дворовых и внутриквартальных территорий, а также материалы инженерно-геологических изысканий. Как отмечено в [75] миграция верховодки по подземным полостям и прослабленным зонам на трассах подземных коммуникаций вызывает суффозию, происходит оседание поверхности дорог, дворовых территорий, деформацию ленточных фундаментов, разрушение жилых домов. Выясняется, что опасность разрушения зданий на ленточном фундаменте не может быть устранена путем строительства дренажа.

Для примера, на рис. 23 приводится морфометрическая схема водосборного бассейна, концентрирующего сток на дворовых площадках,

пострадавших от суффозии культурно значимых зданий в центре г. Саратова по ул. Б. Казачья.

Следует отметить, что по ложбинам концентрируется на дворовых территориях зданий не только поверхностный сток, но и потери вод в трубопроводах тепло- и водоснабжения. Существенную роль в активизации суффозии и подтопления играет циркуляция верховодки по трассам недействующих подземных коммуникаций и по вводам коммуникаций в подвалы зданий. В этой связи значимым является вопрос – с какой стороны здания должен производиться ввод подземных коммуникаций: с подгорной или с нагорной стороны.

Подпорные условия для стока в рассматриваемом бассейне сложились в результате повышения отметок поверхности на автодороге по ул. Б. Казачья и на Театральной площади. Однако ливневой канализации в бассейне до настоящего времени нет.

Построенные дренажи (контурный дренаж здания театра и шахтно-лучевой дренаж музея) положительного влияния на состояние зданий не оказали. Напротив, в радиусе их влияния суффозионный процесс усилился.

Для защиты зданий в границах бассейна стока нужны другие, более эффективные меры, чем дренаж по контуру зданий: отвод поверхностных вод с территории, ликвидация подземных пустот по трассам подземных коммуникаций, перекладка изношенных трубопроводов тепло- водо- и канализационной сети.

Рис.23 Морфометрическая схема бассейна, концентрирующего сток на дворовых территориях, пострадавших от суффозии культурно-значимых зданий по ул. Б. Казачья в центре г. Саратова. М 1:4000

1. Ложбины стока (тальвеги долинообразных понижений рельефа вершинной поверхности водораздела среднечетвертичной террасы р. Волга).

2. Линия водораздела.

Т. Здание театра им. Н.Г. Чернышевского.

М. Здание музея им. А.Н. Радищева.

Д. Дом творчества детей и юношества.

Однако необходимость таких мероприятий гидрогеологическими исследованиями не доказывается. А это значит, что методика гидрогеологических изысканий и исследований должна быть дополнена соответствующими требованиями зонального характера.

Чтобы рационально расходовать средства на инженерную защиту жилых домов, зданий и сооружений предлагается внедрить в практику гидрогеологических исследований морфометрический подход в организации и проведения исследований [70-79] по рассмотренной выше структурно-функциональной схеме морфометрических исследований и анализе связанных с классификацией рельефа местности гидрогеологической гидрологической и инженерно-геологической информации.

Что же касается мониторинга подземных вод на территории города, то предлагается построить морфометрически обоснованные опытные участки. Такая идея заложена в проект расширения сети гидрогеологических скважин на территории города (СГГЭ, 1995 г.) но до настоящего времени проект не реализован.

Предлагается поэтому в начале разработать краткую программу мониторинга подземных вод на ключевых участках, чтобы ввести в методику гидрогеологических изысканий и исследований конкретные условия подземной гидродинамики территорий.

Доведение морфометрического подхода к гидрогеологическим исследованиям до всех организаций, имеющих доступ для проведения гидрогеологических исследований неотложно, чтобы удешевить строительство жилья, снизить расходы на ремонт дорог, дворовых территорий, защитить здания на ленточном фундаменте от прогрессирующего разрушения.

Глава 2. ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПРИ ДЛИТЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ КАШТАНОВЫХ ПОЧВ СЫРТОВОГО ЗАВОЛЖЬЯ

В области преобладает дождевальный способ орошения, поэтому оптимизация поливных режимов невозможна без детального изучения рельефа полей и водопроницаемости рельефообразующих почво-грунтов. Для решения мелиоративных и гидрогеологических вопросов рельеф полей необходимо классифицировать. В этом направлении необходимо совершенствовать методы мелиоративной гидрогеологии посредством натурных гидрогеологических и воднобалансовых исследований на действующих оросительных системах, ибо только таким образом можно найти решения по оптимизации сельхозпроизводства, защиты окружающей среды от негативных процессов, связанных с орошением. В 1975г. руководством института «Приволжгипроводхоз» был создан сектор исследовательских работ, перед которым была поставлена задача по всестороннему объяснению причин успешного многолетнего орошения земель без применения дренажа на Ершовской опытно-мелиоративной станции. Здесь автором был использован морфометрический метод исследования рельефа. И с этого периода до 1982г. морфометрическая методика гидрогеологических исследований развивалась с применением бурения, полевых и лабораторных исследований, сбора и переосмысления изыскательских материалов прошлых лет. В морфометрическом подходе к обоснованию проектов оросительных систем рассматриваются методические приемы организации изысканий и исследований для выяснения условий инфильтрации, зависимость этого процесса от рельефа полей и водно-физических свойств рельефообразующих грунтов [70-79].

Типовая программа морфометрических исследований

1. На топографической карте масштаба 1:10000 построить карты порядков долин по дихотомической и монотомической системам В.П. Философофова [98-101].

2. Выделить на картах гидроиндикационные признаки: водотоки, колодцы, растительные ассоциации, пруды и т.д. по методике [79].

3. Построить карту изогидробазисной поверхности .

4. Вынести положение объекта исследований на морфометрические карты.

5. Нанести на морфометрические карты буровые скважины прошлых лет с отметкой уровня грунтовых вод и геолого-литологической информации (геологические колонки).

6. Составить предварительное геоморфологическое и гидрогеологическое описание строения местности и объекта исследований, типизировать гидрогеологические условия, составить предварительный гидрогеологический прогноз.

7. Произвести маршрутное обследование местности, составить заключение, разработать рекомендации по изысканиям и исследованиям.

8. Разработать программу гидрогеологических изысканий и исследований на объекте. При размещении разведочных и режимных скважин использовать методику [70-79].

9. В типичных ситуациях на объекте выполнить 30% объема работ, предусмотренных программой. Выполнить комплекс лабораторных и полевых работ по методике [81]. Составить предварительную гидрогеологическую карту. Произвести описание гидрогеологических условий. Внести коррективы в программу исследований.

10. Выполнить работы по программе. Построить карту гидроизогипс, составить отчет. Разработать рекомендации по

проектированию. Внести дополнительные новые положения в методику гидрогеологических и воднобалансовых исследований.

Рассмотрим, какие же явления открываются нам морфометрическими исследованиями на староорошаемом массиве Ершовской опытно-мелиоративной станции.

Местность здесь представляет собой увалообразный отрог склона водораздела Низкой Сыртовой равнины с абсолютными отметками вершин 100-103м. Ориентация увала субмеридианальная. С севера увал посредством седловины подсоединяется к более высокому водораздельному массиву. С запада, востока и юга увал ограничивается глубокими эрозионными врезами (долиной р.М.Узень и ее правобережного притока). Превышение увала над тальвегами долин изменяется от 5-6м на северо-востоке до 15-20м – на юге. Вершинная поверхность увала слабовыпуклая, ширина ее не превышает 500м. Уклон поверхности по оси увала с севера на юг составляет около 0,002. В сторону эрозионных врезов уклон вершинной поверхности изменяется от 0,002 до 0,003. Поверхность склонов увала имеет уклоны до 0,03. Вершинная поверхность увала и его склоны осложнены слабовыраженными долинообразными понижениями (ложбинами стока), порядок которых изменяется от 1-6 (на склонах) до 10-15 – на седловине.

С нагорной стороны староорошаемого массива на склонах водораздела и на его вершинной поверхности расположены новоорошаемые земли. Полив ведется из подземных трубопроводов дождевальными машинами «Волжанка» и «Фрегат». На староорошаемом массиве полив производится агрегатами ДДА-100М.

Отмечается, что в поливной период как на территории староорошаемого массива, так и за его пределами на землях нового орошения наблюдаются постоянные потоки поверхностных вод (ирригационный сток). Староорошаемый массив ограничен со всех сторон

лесополосой. При поливах и при опорожнении оросителей наблюдается систематическая концентрация стока в зоне лесополосы, расположенной с подгорной стороны от массива. Затопление лесополосы происходит неравномерно. Наблюдается концентрация стока по едва заметным в рельефе поля ложбинам. Это особенно характерно для западной части массива, где уклоны поверхности поля незначительные; на границе с лесополосой тальвеги ложбин заболочены, по ним наблюдается постоянный в поливной период сток в ближайшую долину – приток р.М.Узень.

На восточной же стороне староорошаемого массива уклоны поверхности поля значительные, наблюдается и плоскостной и сосредоточенный по ложбинам сток, а также истечение воды непосредственно из пашни. Здесь с подгорной стороны лесополосы, ограничивающей орошаемые земли на выположенных террасированных участках склона долины р.М.Узень, усложненной многочисленными замкнутыми понижениями рельефа, происходит накопление ирригационного стока в виде луж (озерочков). По берегам озерочков, где вода удерживается продолжительное время, происходит поверхностное засоление почв.

Поверхностное засоление почв наблюдается небольшими очагами в подножии откосов каналов, где нет древесной влаголюбивой растительности. В основном же состояние полей хорошее. Верховодка залегает на глубине 10-20м.

Большая глубина залегания верховодки характерна для восточной части участка, где уклоны поверхности поля существенно больше, чем на западной части. Как показало разведочное бурение неглубокое залегание верховодки характерно в приканальной зоне, в особенности в месте разветвления каналов, в днищах ложбин, в местах опорожнения оросителей.

При обследовании местности установлено, что ни в долине р.М.Узень, ограничивающей староорошаемый массив с востока, ни в долине ее притока, ограничивающей водораздел с запада, выходов грунтовых вод на поверхность не наблюдается.

До момента морфометрического обследования местности гидрогеологические условия на массиве Ершовской опытной станции изучались неоднократно. Здесь построена сеть режимных скважин. Постоянные наблюдения за уровнем в основном (сплошном) водоносном горизонте (подсыртовые пески) и уровнем верховодки проводятся с 1972г.

Обобщение результатов и разведочного бурения и режимных гидрогеологических наблюдений за ряд лет приводится в работе Д.М. Каца [37]. Изложенная здесь гидрогеологическая информация на наш взгляд в основном согласуется с выводами, полученными в результате морфометрического обследования местности, но она не объяснена в тексте работы. Отметим, что не согласуется с морфометрическими наблюдениями способ картирования ирригационной верховодки. Ведь имеет место неравномерное распространение источников питания верховодки:

- каналы;
- временные оросители;
- ложбины;
- затапливаемые участки в зоне лесополосы (концевые сбросы вод из оросителей);
- долины р.М.Узень (с востока) и ее приток (с запада).

Неправомерно распространять ирригационную верховодку на север в сторону новоорошаемых земель, где верховодка имеет естественное распространение в ложбинах старше 6-го порядка.

Очевидно, что достоверность гидрогеологического прогноза будет зависеть от того, как правильно закартировать неровную поверхность

верховодки, как непосредственно на участке орошения, так и за его пределами на новоорошаемых и богарных землях.

Отметим, что по режимным наблюдениям прошлых лет уровень сплошного напорного водоносного горизонта (подсыртовые пески) находится здесь на глубине 31-33м на абсолютных отметках 70.0 м. Верховодка же выклинивается сразу же за границами орошаемого массива (рис. 24).

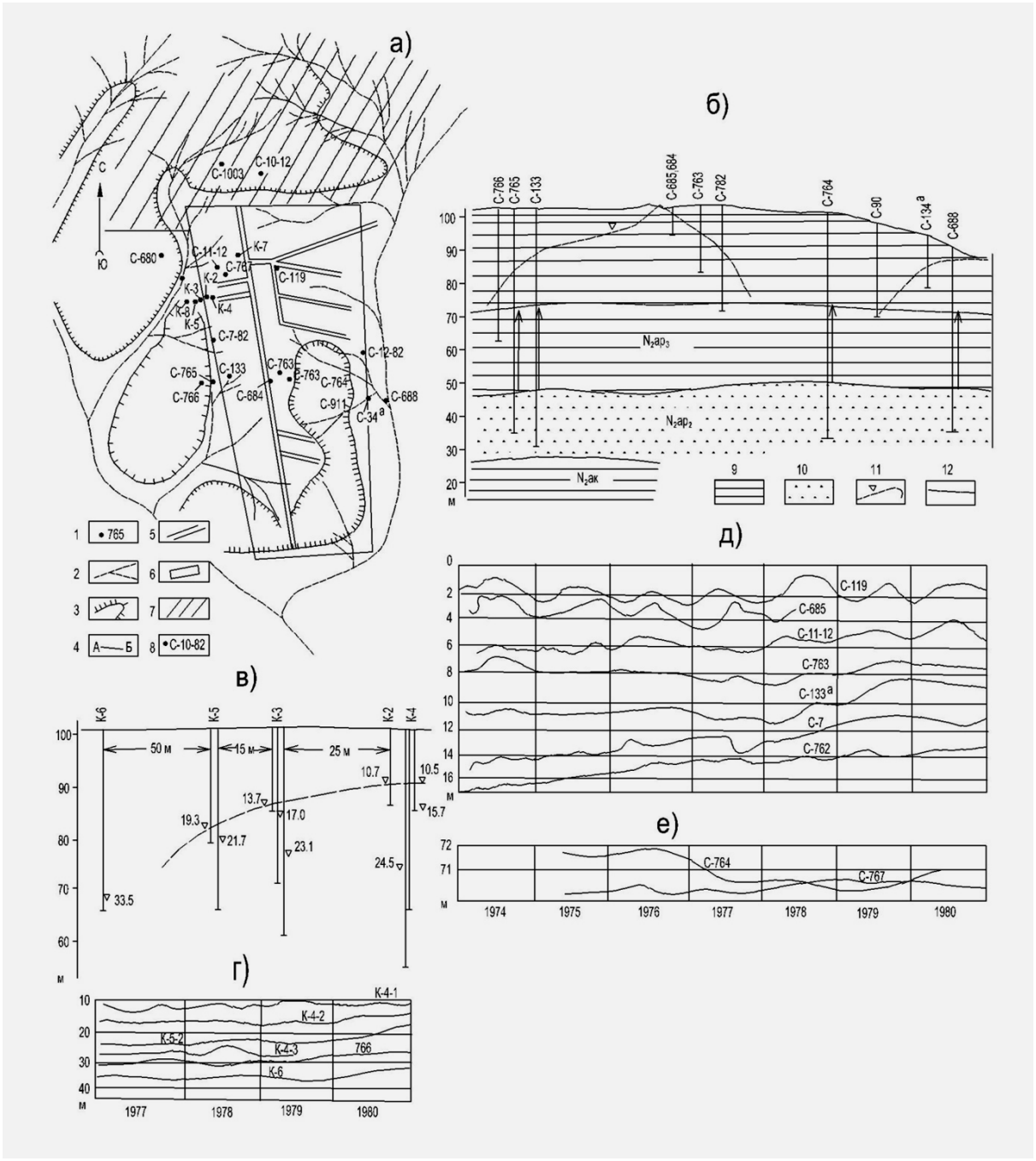


Рис.24 Гидрогеологическая карта (а) и разрез (б); створ режимных скважин – пьезометров на фронте растекания верховодки (в); графики изменения уровня верховодки (г); то же по режимным скважинам Саратовской гидрогеологической экспедиции (д); графики изменения напорного уровня в апшеронском водоносном горизонте на староорошаемом массиве опытно-мелиоративной станции Ершовского района Саратовской области:

1. – режимные скважины;
2. – тальвеги ложбин и долин;
3. – контур верховодки в плане;
4. – линия гидрогеологического разреза;
5. – оросительные каналы;
6. – границы староорошаемых земель;
7. – новоорошаемый массив;
8. – кустовое размещение скважин-пьезометров на фронте растекания верховодки;
9. – глина;
10. – песок;
11. – уровень верховодки по данным на 01.01.1981г.;
12. – уровень напорного водоносного горизонта по данным на 01.01.1981г.

К долине р.М.Узень приурочен купол естественной верховодки. Смыкания куполов верховодки не произошло. С западной стороны массива орошения в балке-притоке р.М.Узень также находится естественный купол верховодки с постоянными источниками ее питания – прудами. Таким образом ясно, что смыкание куполов верховодки не происходит ни в обозримое время, ни в геологическое. Верховодка далеко от источника ее питания не распространяется. Следовательно, естественная дренированность орошаемого массива обусловлена лишь поверхностным стоком.

Сразу же здесь отметим, что сплошность водонасыщения глинистой толщи в границах бугров верховодки не изучалась. Это-то и давало возможность объяснять успех бездренажного орошения земель на

староорошаемом массиве естественной дренированностью территории, под которой подразумевается отток грунтовых вод за пределы массива. Такой взгляд соответствует гидродинамической теории дренированности земель по Д.М. Кацу [34,35,36,37].

Обращаем внимание на то, что в проектах оросительных систем с применением современных дождевальных машин ирригационный сток не допускается. Поэтому избыток водоподачи с учетом промывания солевых горизонтов составляет величину ирригационного стока. Наличие стока свидетельствует о непромываемости глубоких горизонтов почв. Эти очевидные свойства сыртовой равнины ниже подтверждаются новыми полевыми и лабораторными исследованиями. Сыртовая равнина сложена исключительно глинистыми грунтами, поэтому формирование рельефа полей имеет общую закономерность. Как показано в [70] для анализа материалов бурения с успехом была применена монотомическая классификация рельефа, разработанная в Саратовском государственном университете профессором В.П. Философовым. Именно такая классификация рельефа полей позволяет расчленить их на закономерные части с разным влиянием на сток, почвообразование и гидрогеологические условия – условия образования локальных водоносных горизонтов верховодки в толще глин.

Чтобы раскрыть динамику верховодки, потребовалось выполнить разведочное бурение и режимные гидрогеологические наблюдения. Поиск связи между формами рельефа, их порядком (рангом) и верховодкой привел к новой методике размещения разведочных и режимных гидрогеологических скважин. Скважины размещались в створах или лучах, пересекающих долины (ложбины) и разделяющие их водоразделы [70,79]. Потребовалось также частое опробование фильтрационной неоднородности глин по методике [81] по всему разрезу: сплошной отбор монолитных образцов на глубину, соизмеримую с глубиной эрозионных

врезов балок – потенциальных дрен, а также ярусное размещение в куполе верховодки режимных скважин пьезометров (рис. 24). Полученные данные свидетельствуют о фильтрационной неоднородности и в плане, и в разрезе.

Как видно на (рис.24-в) пьезометры разной глубины фиксируют уровень верховодки на разных глубинах: чем глубже скважина – тем глубже установившийся уровень верховодки. Это свидетельствует о том, что горизонты верховодки гидравлически между собой не связаны, они опираются на разные водоупорные горизонты, распространяются на разные расстояния от источника питания. Как видно на эпюрах влажности и плотности глин (рис.11,12,13), водоупорные горизонты в толще глин чередуются с менее плотными – более водопроницаемыми. Это и создает ярусность, разобщенность горизонтов верховодки.

Неравномерность и неповсеместность инфильтрации подтверждается опробованием влажности и плотности сложения сыртовых глин в условиях орошения дождеванием на землях нового орошения (Ершовское ОПХ). Так на (рис. 11,12,13) приводятся эпюры влажности сыртовых глин в ложбинах на разных расстояниях от тальвега. Здесь видно, что в условиях орошения дождеванием влажность глин на сточных участках поля не нарастает, она остается существенно меньше максимальной молекулярной влагоемкости. Только в тальвеге ложбин влажность сыртовых глин существенно превышает величину максимальной молекулярной влагоемкости. Однако в глубоких слоях сыртовые глины и по тальвегу имеют влажность сравнимую с максимальной молекулярной влагоемкостью.

Оказалось, что в тех интервалах глубин, где естественная влажность сравнима с молекулярной влагоемкостью плотность глин соответствует плотности, достигаемой при максимальном уплотнении (рис. 11,12,13). При такой плотности сложения глины водоупорны, отсутствие верховодки означает отсутствие инфильтрации.

Опыты по методике [81] показали, что при водонасыщении монолитов в глине остается 3-4% защемленного воздуха, образцы глин плотного сложения водоупорные. При малых градиентах фильтрации 0,2-0,6 образцы глин неплотного сложения пропускают через себя воду при понижении атмосферного давления, а при повышении давления (понижение температуры) образцы глин впитывают вышедшую из них воду обратно. Эти опыты показывают, что глины имеют микроагрегатный состав, передвижение воды по межагрегатной пористости определяется изменением объема защемленного в микроагрегатах воздуха. По лабораторным опытам начальный градиент фильтрации сыртовых глин оценивается от 0,2-0,6 до 4-5 единиц. Водоотдача не превышает 1%, плотные образцы глин отдают воду только при вакуумировании.

Низкие фильтрационные свойства сыртовых глин ($К_ф$<0,001м/сутки), незначительная водоотдача (до 1,0%) и наличие защемленного воздуха до 4,0% обуславливают исключительное своеобразие уровенного режима верховодки: передвижение свободной воды по межагрегатной пористости определяется термодинамическими силами. Это обстоятельство ограничивает распространение верховодки от источника ее питания. Отсюда становится ясно, что при неглубоком залегании уровня верховодки использование ее растительностью будет значительно снижать уровень верховодки, препятствовать испарению ее с поверхности почвы. Это наблюдается на староорошаемых массивах Заволжья – отсутствие вторичного засоления почв при близком от поверхности залеганием уровня соленых вод – Толстовский орошаемый участок, участок Ершовской опытно- мелиоративной станции, Кутулукская оросительная система, а также территория г.Ершова, где распространению верховодки способствовало строительство прудов, дамб, автодорог, поливы на приусадебных участках.

В глубоких же горизонтах, где тепловолновые изменения незначительны, верховодка неподвижна.

Сравнение эпюр влажности и плотности сложения глинистых грунтов представляет собой метод оценки условий инфильтрации.

Как показано на (рис. 13) естественная плотность глин во многих интервалах глубин равна максимально уплотненным образцам при максимальной молекулярной влагоемкости, а естественная влажность (рис.11) вне днищ ложбин меньше максимальной молекулярной влагоемкости. А это означает, что глины обладают водоупорными свойствами, заключенная же в них влага относится к связанной, удерживаемая силами внутреннего натяжения превышающими 10 атмосфер. Следовательно, с точки зрения инженерно-геологической науки в Сыртовом Заволжье нет повсеместной инфильтрации, и образование верховодки вполне закономерно происходит там, где имеются водоисточники (днища ложбин, где концентрируется сток, каналы, пруды). При этом сплошность водонасыщения не достигается в связи с защемлением воздуха и наличия водоупоров.

Чтобы проверить эффективность нового метода оценки условий инфильтрации на орошаемом массиве Ершовского ОПХ на сточных участках водоразделов были построены 7 глубоких (51-55м) безводных скважин и установлены за ними систематические наблюдения.

Рассмотренные выше представления подтвердились. За годичный цикл наблюдений водопритока в скважины не обнаружено. Поясним, что бурение велось всухую, забой этих скважин доведен до глубины на 7-10м ниже пьезометрического уровня сплошного водоносного горизонта в подсыртовых песках. Оказалось, что в зоне напора глины безводны. Позднее около одной из безводных скважин глубиной 51 м была пробурена скважина глубиной 60 м, вскрывшая под толщей глин тонкослоистые суглинки, пески и глины. Водопритока в скважину

непосредственно при бурении не было. В последующем выяснилось, что скважина глубиной 60 м стала наполняться грунтовыми водами, уровень установился на глубине 47.5 м. Скважина глубиной 51 м оставалась безводной. Этим опытом доказывается, что под толщей водоупорных и воздухоупорных глин в кровле подсыртовых песков зажат воздух. Такая возможность объясняется геологической историей: в период максимальной хазарской регрессии Каспия горизонт подсыртовых песков был сдренирован. В последующие трансгрессии Каспия произошло водонасыщение горизонта подсыртовых песков, но по оси главных водоразделов Сыртовой равнины воздух оказался локализован.

Морфометрическими исследованиями опровергнута информация о повсеместном влагопереносе. Доказана показательность опыта бездренажного орошения на массиве Ершовской опытно- мелиоративной станции. Это многолетний опыт орошения и его необходимо учитывать при проектировании оросительных систем. Применение повсеместного как вертикального, так и горизонтального дренажа на оросительных системах в Сыртовом Заволжье не требуется. Это можно показать также по режимным наблюдениям за уровнем неглубоко залегающей верховодки.

Например, объясним информацию о резких колебаниях уровня верховодки в межканальной зоне староорошаемого массива. Как отмечено в [37] в межканальной зоне амплитуда колебаний уровня верховодки достигает 1,5-3,2 м. Высокий уровень приходится на весну еще до начала поливного периода и составляет 0,2-0,4 м от поверхности. Низкий уровень верховодки приходится на осень, когда поливной период еще не завершен и составляет 3,0-3,4 м. Такое явление замечается не только по режимным скважинам, но и по разведочному бурению скважин в разные периоды года, но из-за отсутствия соответствующих объяснений такая информация не обсуждается в отчетной документации.

Морфометрическая методика исследований позволяет объяснить это явление изменением температуры атмосферного воздуха и соответственно температуры верхних слоев почво-грунта, а именно: водоотдача сыртовых почво-грунтов не превышает 0,01 единицы, а содержание защемленного воздуха достигает 0,03-0,04 единицы. Изменение температуры атмосферного воздуха превышает 20°С. При понижении температуры объем защемленного в глинах воздуха резко уменьшается, в результате чего межагрегатная вода втягивается вовнутрь микроагрегатов, проявляется недостаток водонасыщения и соответственно снижение уровня верховодки. С наступлением тепла происходит обратный процесс, приводящий к резкому подъему уровня верховодки.

Такое объяснение основывается на результатах исследования воднофизических свойств почво-грунтов по методике [81] и согласуется с результатами исследований С.В. Нерпина [66,67]. Из наблюдений за уровнем верховодки в местах его неглубокого залегания следует основополагающий вывод: глубокий дренаж в сыртовых почво-грунтах строить нецелесо-образно, важно защитить почвы от поверхностного переувлажнения. В условиях орошения почв усиливается перенос карбонатных солей и тонких частиц грунта из пашни в глубокие слои, где вследствие химического и физического поглощения происходит уплотнение почв и закупорка пор. Плотные слои почв способны препятствовать глубинной инфильтрации. Как показано на рис.25 в почвенном разрезе староорошаемых земель фиксируется плотный горизонт с объемной массой в сухом состоянии от 1,54 до 1,75 г/см^3.

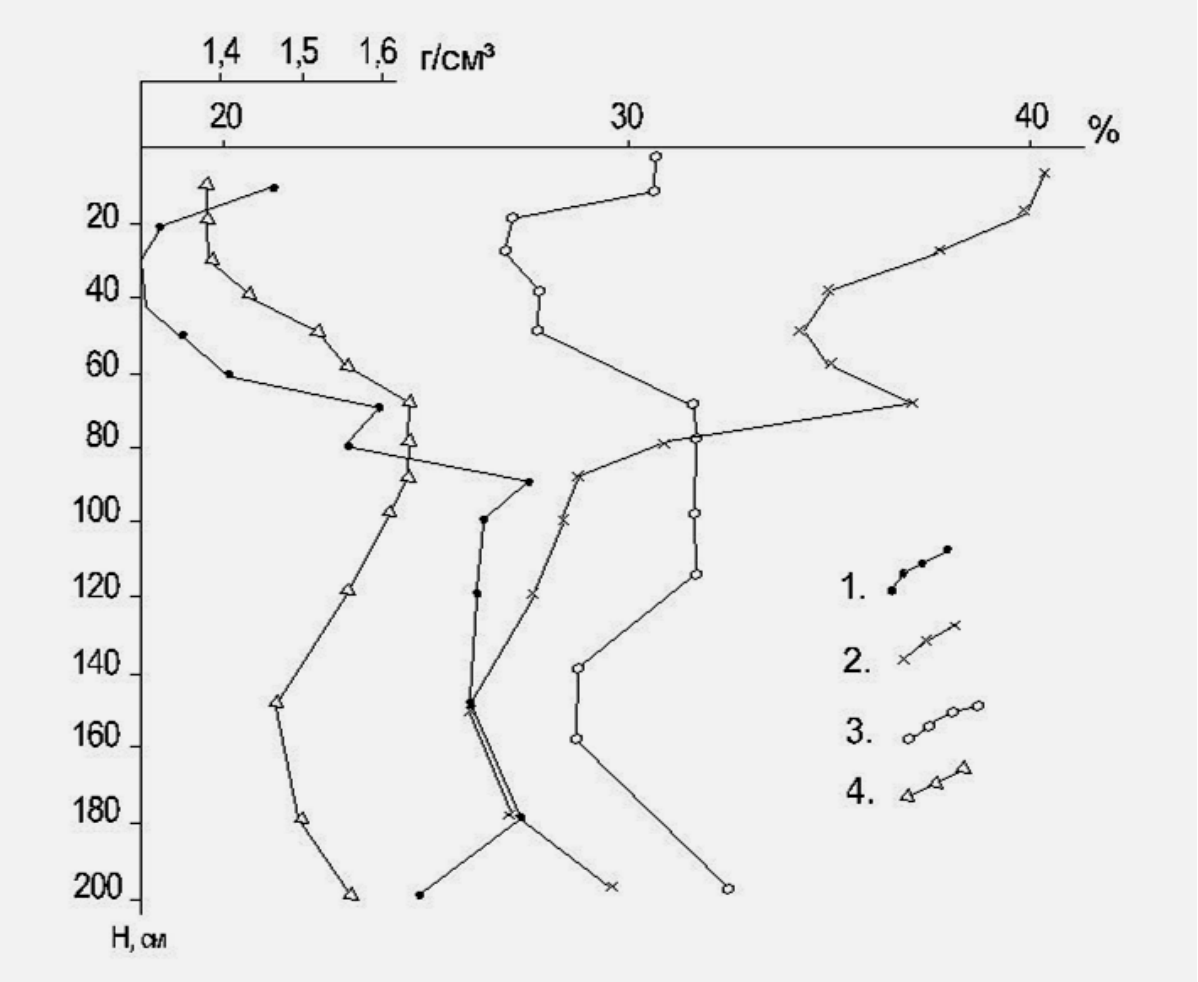


Рис. 25 Эпюры влажности и плотности темно-каштановой почвы маломощной глинистой: 1 – естественная влажность, % от веса; 2 – предельная полевая влагоемкость, % от веса; 3 – максимальная молекулярная влагоемкость, % от веса; 4 – объемный вес сухой породы, г/см^3.

Отмечаем, что крутой фронт растекания верховодки, фиксируемой по створу режимных скважин на орошаемом массиве Ершовской опытно-мелиоративной станции доказывает водоупорные свойства сыртовых глин, но никак ни естественную дренированность территории, о чем говорится в заключениях ВНИИГиМ. Необоснованные методические установки в сущности и определили затратную часть проектов орошения – завышенная водоподача и дренаж.

Собранный исследовательский уникальный экспериментальный материал позволил обосновать проект Саратовской воднобалансовой

станции (ВБС) на орошаемых землях в Ершовском, Краснопартизанском и Дергачевском районах Саратовской области [82]. Режимная сеть по предложенному принципу построена в 1985г. Наблюдений до настоящего времени не производилось из-за незавершенного строительства ВБС.

Результаты гидрогеологических, морфометрически обоснованных исследований на орошаемых землях сыртового Заволжья были доложены на заседании бюро межведомственного регионального научно-производственного Совета по мелиорации земель в Поволжье (г. Москва, 17 октября 1979г.). На основании чего в постановляющей части было записано мероприятие: – «шире развернуть исследования по применению агро-мелиоративных мероприятий, включая глубокое рыхление в сочетании с дренами-собирателями, прокладываемыми траншейным и бестраншейным способами, а также планировке земель с целью регулирования поверхностного стока, предотвращения вымочек и снижения урожаев сельскохозяйственных культур в застойных зонах и т.п.». Автором было внесено предложение по строительству локального неглубокого дренажа (по ложбинам) на орошаемых землях в Сыртовом Заволжье.

Наработанный методический материал морфометрических исследований был применен при проектировании реконструкции Энгельской ОС 1-й очереди, Балаковской ОС 1-й очереди и Приволжской ОС (Северный массив). При этом обнаруживается, что традиционно проведенные гидрогеологические изыскания и исследования не позволяют принять рациональные проектные решения как по нормированию водоподачи, так и по применению дренажа. С точки зрения выполненных морфометрических исследований на оросительных системах проекты водоподачи и дренажа подлежат переработке. При поливах дождевальными машинами ДДА-100М ирригационный сток превышает 30 % (Энгельская ОС 1-я очередь), при поливах дождевальной машиной

«Фрегат» сток достигает 10-15 % . Строгое регулирование водоподачи возможно с применением дождевальной машиной «Волжанка». Однако эта машина требует инженерной доработки.

Отсюда ясно, чтобы обеспечить успех мелиоративному строительству мелиоративная наука требует дополнений, учитывающих природные условия Заволжья.

Конечно же возрождение мелиорации надо начинать с глубокого изучения природы Заволжских степей. Критически пересмотреть накопленный гидрогеологический, гидрологический и почвенно-мелиоративный материал, изложить его классически.

Решению этой задачи и посвящается рассмотренный здесь методический и фактический материал гидрогеологических исследований.

Глава 3. ОПЫТЫ ИЗУЧЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВЕРХОВОДКИ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ В СЫРТОВОМ ЗАВОЛЖЬЕ

Сыртовое Заволжье — это увалистая равнина, характеризующаяся чередованием водораздельных и долинных типов местности, причем превалирующее распространение имеют водоразделы. Водоразделы имеют увалообразную форму с плоскими и плоско-выпуклыми вершинными поверхностями и пологими склонами.

Сыртовая равнина сложена континентальными апшеронскими и четвертичными отложениями, залегающими на морских отложениях акчагыла. Верхи акчагыла представлены мощной толщей плотных глин и лишь частично (на северо-западе равнины) в верхах акчагыла отмечаются слои песков небольшой (до 20м) мощности. Цвет пород темно-серый. Апшеронские отложения слагают водоразделы (сырты) в связи с чем получили название сыртовых отложений. Низы сыртовой толщи представлены линзовидно переслаивающимися породами (песками, супесями, суглинками с тонкими прослойками глин). Цвет пород бурый. Так как в составе переслаивающейся толщи по сравнению с выше- и нижележащими глинами заметно присутствие песка, то в целом за этим горизонтом закрепилось название — горизонта подсыртовых песков. Мощность горизонта подсыртовых песков изменяется от 4 до 20 м, к нему приурочен первый от поверхности сплошной водоносный горизонт, воды минерализованные (5-10г/л), слабонапорные (5-12м). Верхняя часть сыртовых отложений наиболее мощная (до 50-70м) представлена глинами. Окраска сыртовых глин преимущественно бурая, местами отмечаются серые разности глин. Ф.П. Саваренским [88] толща сыртовых глин делится на три горизонта (сверху вниз): желто-бурые, коричнево-бурые и красно-бурые глины. Трехглинное деление сыртовых глин сохраняется в

описаниях до настоящего времени, однако при детальных описаниях единым представляется только верхний горизонт желто-бурых глин, ниже оттенки цвета глин чередуются чаще, чем отмечено Ф.П. Саверенским.

По данным минералогических исследований Саратовского университета (1978) сыртовые глины имеют алевро-пелитовую структуру, на 80-85% сложены бурой пелитовой массой. Минералогический состав пелитовой фракции по разрезу сравнительно однородный и представлен глинистыми минералами (50-60%) и дисперсно рассеянными карбонатными солями (40-50%). Из глинистых минералов почти в равных количествах отмечаются: гидрослюды, монтмориллонит, хлорит; каолинит имеет подчиненное значение. Песчано-алевритовая фракция состоит преимущественно из кварца (60-77%) и полевого шпата (14-26%).

Изучение верховодки проводилось в Ершовском районе на орошаемых массивах Ершовской опытно-мелиоративной станции и Ершовского опытного хозяйства (Ершовского ОПХ).

Обычно под верховодкой понимают подземные воды, спорадически встречающиеся в верхней 25-метровой части толщи сыртовых отложений. Как показали наши исследования [70] в распространении верховодки обнаружились определенные закономерности, связанные с морфометрическими характеристиками рельефа сыртовой равнины. Отмеченные выше правила оконтуривания верховодки исходят из того, что гидрогеологическая разведка должна ориентироваться на изучение гидрогеологических условий по порядкам долин и водоразделов. В этом случае в поле зрения гидрогеолога попадает достоверная информация о гидрогеологических условиях водоразделов, склонов и долин.

3.1 Сведения о режиме верховодки на староорошаемом массиве Ершовской опытно-мелиоративной станции

Староорошаемый массив Ершовской опытно-мелиоративной станции имеет площадь 200 га. Орошение земель ведется с 1933г. разными способами, в настоящее время с применением дождевальных машин типа ДДА-100. Массив расположен на осевой (вершинной и склоновой (восточный склон) частях сыртового увала, разделяющего сток между долинами 2-го порядка, дающими начало р.М.Узень. Абсолютные отметки поверхности массива изменяются от 95 до 104м. Увал ориентирован в меридианальном направлении, северной частью соединяется с водоразделом большего порядка (с большими на 10-20м отметками поверхности) посредством седловины. Седловина разделяет сток между вышеуказанными долинами 2-го порядка системами образующихся здесь ложбин.

Рассматриваемый массив характеризуется сравнительно однообразным составом сыртовой толщи. В толще сыртовых глин визуально можно выделить 3 горизонта, выдержанные по составу и окраске глин: верхний, средний и нижний.

Верхний горизонт — желто-бурый. Он сложен тяжелыми суглинками и глинами с пылеватыми (алевритистыми) с сажистыми и известковыми нитевидными включениями, часто придающими породам густосетчатую текстуру. Характерно включение кристаллов гипса, стяжений, конкреций и журавчиков карбонатов. В сложении отмечается два порядка отдельностей (комков). Первый порядок отдельности — 1,5-2,0 мм в диаметре. Такие агрегаты достаточно плотны, в них отмечается прочная связь между частицами. Второй порядок отдельности — столбчато-щебнистая отдельность — 0,5-3,0 см в диаметре. Крупные отдельности слабосцементированы между собой; особенно это заметно, когда породы водонасыщены.

В подошве этого горизонта довольно часто отмечаются прослои тяжелых суглинков и глин, не содержащих отдельностей («бесструктурные» слои), как правило, пылеватого состава. В них заметно наличие вертикальных канальцев (трубок) диаметром 0,1 — 1,0 мм.

В процессе бурения часто встречаются прослои, окрашенные гумусом, нередки включения вертикальных прожилков темно окрашенной породы. Однако в пределах прослоев не наблюдается изменение гранулометрического, агрегатного состава и плотности породы.

Мощность горизонта изменяется от 12-14м на вершине увала до 1-2м на его склонах.

Средний горизонт — серовато-бурый и зеленовато-серый, в целом обнаруживает постоянство структуры, но по окраске и текстурным признакам разделяются визуально на ряд слоев (6 слоев сверху вниз).

Интервал 12-16м характеризуется залеганием серовато- зеленых пылеватых глин сравнительно монотонной окраски. Глины имеют четко выраженную мелкокомковатость (до 2-3мм в поперечнике) — остроугольную отдельность. Эти глины выходят на дневную поверхность на склонах увала.

Интервал 16-19м представлен пестроцветными глинами, в которых присутствие пылеватой фракции визуально не обнаруживается (жирный срез, полированные гладкие поверхности отдельностей). Отдельность крупная (7-10мм в поперечнике), текстура гнездования. Гнезда окрашены в синий цвет, выполнены стяжениями солей железа (бобовинами), пестрый цвет создается за счет охристых и синих пятен в общем зеленоватом тоне породы.

Интервал 19-22м представлен сравнительно однотонно окрашенной серо-зеленоватой глиной, алевритистой, очень схожей с глиной интервала 13-16м.

Интервал 23-25м представлен алевритистой зеленовато-серой глиной,

отличной от вышележащего слоя отсутствием комковатой отдельности.

Интервал 25-32м представлен коричнгевато-бурыми глинами, плотными, с включением галек карбонатных и железистых стяжений, комковатость отсутствует.

Интервал 32-40м представлен зеленовато-серыми глинами, жирными, очень плотными, с комковатой отдельностью, в свежем изломе похожей на гравелиты, вода этой глиной не впитывается.

Нижний горизонт — бурый, коричневато-бурый. Глины этого горизонта обнаруживают слоистое сложение, по контакту слоев заметны присыпки алеврита и песка. Мощность горизонта — 10-17м.

Под толщей сыртовых глин залегают пески апшерона — подсыртовые пески. Горизонт песков имеет мощность 20м. Состав горизонта неоднородный, в основном он представляет собой чередование слоев пылеватых песков и супесей с суглинками и глинами. Отмечается слоистость разного порядка от долей миллиметра до нескольких метров.

Таблица1

Физические характеристики почво-грунтов

Ершовской опытной станции

Гранулометрический состав, % от веса				Природная влажность, % от веса	Максимальная гигроскопичность, % от веса	Максимальная молекулярная влагоемкость, % от веса	Пористость, %	Объемный вес сухой породы, г/см^3	Удельный вес, г/см^3
Песчаные частицы	Пылеватые частицы	Глинистые частицы (<0,005мм)	Илистые частицы (<0,001мм)						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3,0-19,0	30-35	47,5-63,0	33,0-53,0	12,8-25,3	10,0-17,0	18,0-24,0	36,5-47,4	1,6-1,8	2,73-2,74

Горизонт подсыртовых песков залегает на глинах акчагыла, вскрытая мощность которых достигает 10м.

Глины акчагыла плотные, темно-серые с синеватым оттенком.

Рассматриваемый участок располагается на осевой (вершинной) и склоновой (восточный склон) частях сыртового увала, разделяющего сток между долинами второго порядка, дающими начало р.М.Узень.

Увал ориентирован в меридиональном направлении, северной частью соединяется с водоразделом большего ранга (с большими на 10-20м отметками поверхности) посредством седловины, ширина которой превышает 1 км.

Седловина разделяет сток между вышеуказанными долинами 3-го порядка системами развивающихся здесь ложбин.

На рассматриваемом участке долголетнего орошения сформировался купол ирригационно-грунтовых вод весьма резких очертаний (рис.24): наибольшая выпуклость наблюдается в приканальной зоне, плоская (плосковогнутая) часть непосредственно на орошаемых полях, затем, крутой фронт лежит на границе с неорошаемыми землями. Наиболее крутой фронт ирригационно-грунтовых вод наблюдается на выпуклых участках водораздельной поверхности (створ скважин и пьезометров К-4-I; К-2-I; К-3-I; К-5-I; К-6-I — на западе и створ скважин С-10-12;С-1003) – на севере (рис.24а,в).

Установившийся уровень ирригационно-грунтовых вод вблизи канала — 0,5-3,0м, в 150м от канала — 6-10м, на границе с неорошаемыми землями до 30м.

На орошаемых полях вдали от каналов глубина до верховодки в северной части равна 6-8м, в южной — 13-20м.

В северной части массива орошение ведется более продолжительные сроки, сеть каналов гуще, поэтому мощность верховодки здесь больше и уровень ее залегает ближе к дневной поверхности.

В приканальной зоне минерализация верховодки составляет 0,6-3,0 г/л, состав солей бикарбонатно-сульфатный, с удалением от канала минерализация ее возрастает до 8-10 г/л, а состав солей становится сульфатно-хлоридным.

В вертикальном профиле минерализация верховодки опробована слабо. По отдельным скважинам в приканальной зоне минерализация вод увеличивается с глубиной, от 0,6 до 19,9 г/л на глубине 30м; на фронте верховодки минерализация вод с глубиной увеличивается от 8-9 г/л до 14-19 г/л (скв. № К-4-1, К-3-1, К-5-1). Собственно грунтовые воды вскрытые на глубине 34,5 м (К-6-1) в 30 м от контура ирригационной верховодки, имеют минерализацию до 16 г/л.

Под толщей сыртовых глин залегает напорный водоносный горизонт подсыртовых песков. Пьезометрический уровень водоносного горизонта подсыртовых песков устанавливается на глубинах 27-33 м, что соответствует 70м абсолютной высоты. Минерализация вод подсыртового горизонта изменяется от 2,5 до 4,9 г/л, состав солей сульфатно-хлоридный и хлоридный. Существенно меньшая минерализация вод подсыртового водоносного горизонта в сравнении с глубокими интервалами верховодки свидетельствует об отсутствии между ними связи.

В течение 1975-1982 гг. изучение водонасыщенности сыртовых отложений включало следующие элементы:

— исследования водонасыщенности глин непосредственно при бурении скважин;

— опробование влажности и плотности пород;

— наблюдение за режимом уровня верховодки в ярусных пьезометрах;

— изучение водопроницаемости глин на разных глубинах.

По данным ВолжНИИГиМ (А.А. Волохова и В.Г. Зольников, 1971-1977) орошаемый массив разделяется на 2 поля: поле с верховодкой и поле без верховодки. Поле с верховодкой — это северная часть орошаемого

массива, где орошение велось регулярно с 1934г. и более интенсивно (заливом площадок). Южная часть массива в прошлые годы орошалась не регулярно.

В настоящее время полив ведется машинами ДДА-100М из оросителей в земляном русле. Различие в степени водонасыщения сыртовых отложений в северной и южной частях массива сохраняется. В северной части массива купол верховодки существенно шире и ближе к дневной поверхности, чем в южной части. Кроме этого, в северной части массива влажность глин, как в зоне аэрации, так и в зоне насыщения на 1-3% выше, чем в южной. Водопроявления в скважинах, вскрывших верховодку существенно зависят от расстояния до водоисточников.

В приканальной зоне и в местах, где полив велся затапливанием площадок, стенки скважин не устойчивы. При бурении до глубины 20,0-25,0 м с одновременной обсадкой обнаруживается водоприток с забоя, периодически встречаются горизонты плотных глин полутвердой консистенции. В удалении от указанных зон скважины на глубину 30,0-40,0 м легко проходятся без обсадки (буровым стаканом), водоприток в скважину при бурении не обнаруживается. Однако, спустя 2-3 дня в скважинах обнаруживается вода, уровень устанавливается на глубине 10,0-20,0 м.

Из отмеченных признаков ясно, что водонасыщение глин в основном происходит вследствие инфильтрации под каналами, в процессе же орошения интенсивность инфильтрации весьма мала, особенно на выпуклых участках водораздельной поверхности и склонах увала.

На орошаемой территории разведочные скважины обычно задаются по дорогам вдоль временных оросителей, последние же находятся на одном и том же месте в течение ряда лет. Поэтому положение купола верховодки в пределах орошаемого массива генерализовано по пунктам относительно высокой инфильтрации. Если задать ряд скважин вдали от

оросителей (в точках, где оросителей никогда не было), то очертание купола в плане во многих местах изменится.

Рассмотренные выше представления о распространении естественной верховодки позволили целенаправленно произвести разведку условий существования ирригационной верховодки на староорошаемом массиве Ершовской опытной станции. Эти работы показали, что верховодки, возникшие на орошаемом поле и естественно существующие в рядом расположенных ложбинах разобщены. На это обстоятельство указано в работе [76]. Схема распространения верховодки, гидрогеологические профили, графики режима уровня верховодки и основного водоносного горизонта приводятся на рис.24.

Методический подход к картированию верховодки изменил главное в гидрогеологической информации по староорошаемому массиву. Тесное окружение ирригационной верховодки обособленными широкими контурами естественных верховодок дает возможность рассматривать староорошаемый массив Ершовской опытной станции в качестве аналога для гидрогеологических прогнозов на крупных оросительных системах.

В связи с этим возникла необходимость в раскрытии физических представлений о верховодке, а вместе с этим и в вопросе о миграции влаги в зоне аэрации.

Чтобы ответить на возникшие вопросы на староорошаемом массиве были построены этажные пьезометры, а также выполнены опытно фильтрационные исследования на монолитных образцах, взятых с разных глубин. Этажные пьезометры обнаружили хаотическое распределение напоров, что указывало на разобщенность водопроявлений на разных глубинах. Глубина установки пьезометров составляет от 14 до 16м. В пьезометрах, расположенных непосредственно на орошаемом массиве (К-4-1,2,3) распределение напоров оказалось следующим:

Глубина установки фильтра, м	Установившийся уровень воды, м
14.0	10.5
35.0	15.7
46.0	24.5

В пьезометре К-2-1, заданном на границе орошаемого поля (фильтр на глубине 14.0 м) уровень верховодки на 0.2 м ниже уровня в пьезометре К-4-1 (расположенном на расстоянии 7 м от первого).

В пьезометрах (К-3-1,2,3), расположенных на неорошаемой территории (сразу же за лесополосой) распределение уровней следующее:

Глубина установки фильтра, м	Статический уровень, м
16.0	13.7
30.0	17.0
40.0	23.12

В 20 м от лесополосы на неорошаемой территории в пьезометрах с фильтрами на глубинах 22 и 35 м уровень верховодки устанавливается на глубинах 19.29 и 21.7 м соответственно.

В пьезометре, оборудованном на неорошаемом поле (в 67 м от лесополосы) уровень грунтовых вод устанавливается на глубине 34.5 м. В этом случае непосредственно при бурении до глубины 34.5 м водопроявлений обнаружено не было. Появление воды в скважине было обнаружено лишь спустя 3,0 месяца.

Скважинами, заданными в ложбинах стока за пределами орошаемой территории, уровень верховодки устанавливается на глубине 3.0-10.0 м.

Следует подчеркнуть, что распределение уровней разных горизонтов верховодки не динамический, а преимущественно статический процесс. Поэтому изоляция затрубного пространства имеет первостепенное значение. В наших исследованиях для герметизации затрубного

пространства применялся вязко-текучий (текуче-пластичный) буровой глинистый раствор на основе бентонитовой глины.

Интересные данные для уяснения условий существования верховодки были получены при испытании водопроницаемости монолитов по схеме (рис.26) при малых градиентах напора (J < I). Было установлено, что фильтрация через колонку грунта имеет скачкообразный характер.

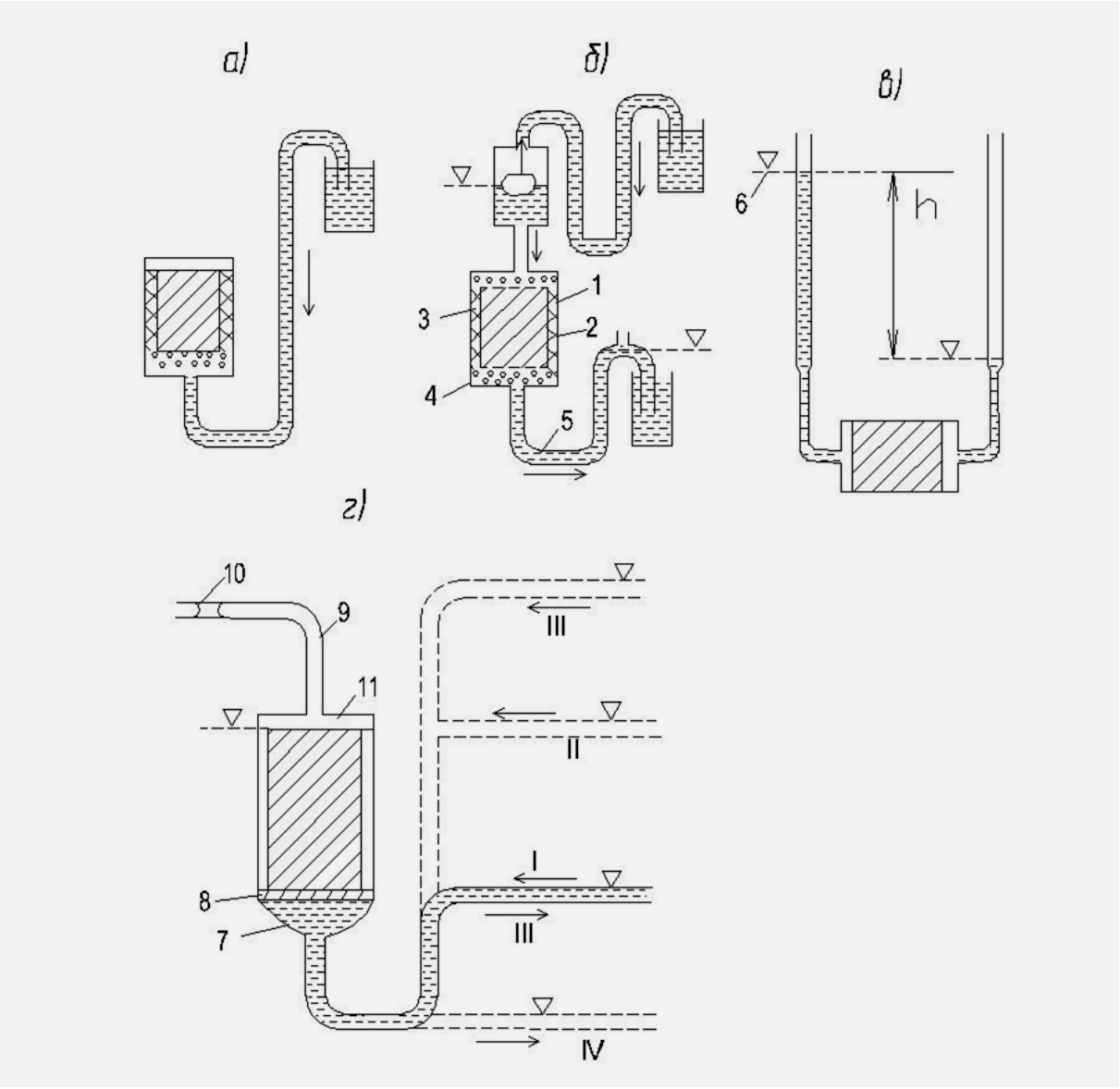


Рис.26 Схемы оснастки монолитов для фильтрационных опытов: а – схема водонасыщения монолитов; б – фильтрация с постоянным градиентом напора; в – то же, с переменным градиентом; г – унифицированная схема; 1 – цилиндр; 2 – монолит; 3 – гидроизоляция; 4 – гравий; 5 – прозрачная трубка; 6 – напорный уровень; 7 – водная камера; 8 – полупроницаемая мембрана; 9 – воздушная трубка; 10 – водяная или масляная пробка; 11 – прозрачная крышка; I-IV – положение водной трубки в зависимости от задачи исследования.

На процесс фильтрации влияют изменения температуры и давления атмосферного воздуха. В период естественного охлаждения монолитов атмосферным воздухом гидравлическая связь между верхним и нижним бъефами прерывается.

Это явление обуславливается с одной стороны весьма малой величиной активной пористости испытываемых грунтов, а с другой — в насыщенном монолите в защемленном состоянии содержится много воздуха. Увеличение или уменьшение его объема и служит причиной прерывания фильтрационного потока. Наблюдаемые пульсации расхода доказывают, что объем активных пор практически равен приращению объема защемленного воздуха при изменении температуры грунта или давления атмосферного воздуха.

Объемные изменения водного тела, заключенного в монолите (воздух плюс вода), в зависимости от естественного изменения температуры и давления атмосферного воздуха не компенсируются фильтрационным расходом. Такие объемные изменения делают возможным перемещение влаги через грунт при градиентах существенно больших, чем устанавливаемые разницей в отметках верхнего и нижнего бъефов фильтрационной схемы. В этой связи градиенты напора, при которых проявляется разрыв гидравлической связи между верхним и нижним бъефами нами названы начальными градиентами фильтрации. Определенные таким образом градиенты, полученные по разным пробам пород, приводятся в таблице 2.

Описанные здесь явления в принципе не новы. Например, влияние изменения атмосферного давления на фильтрацию отмечалось П.С. Паниным [69] в опытах по промывке солей в монолитах. Однако обстоятельного толкования этому явлению не дано. Чтобы оценить стойкость описанного явления (существование порога фильтрации за счет скоплений защемленного воздуха) необходимо проводить долговременные

опыты в специальных камерах, обеспечивающих постоянство температуры и давления.

Сведения о величине начальных градиентов фильтрации сыртовых глин Таблица2

№ п/п	Местоположение точки опробования	Глубина интервала опробования, м	Макроскопическое описание керна (монолита)	Значение коэффициента фильтрации, м/сут	Значение начального градиента (J_0)
1	2	3	4	5	6
1	Скв.1, Ершовское ОПХ	25,0	Глина легкая, алевристая, макропористая	0,00035	0,13
2	– « –	20,0	– « –	0,000	0,13
3	Ершовская опытная станция, куст3	10,3		0,00015	0,39
4	Ершовская опытная станция, куст3	16,2	– « –	0,0001	0,64
5	Скв.1, Ершовское ОПХ	24,0	– « –	0,00014	0,68
6	Скв.35, Ершовская опытная станция	5,0	– « –	0,003	0,12
7	Скв.7, Ершовское ОПХ	4,0	– « –	0,0004	0,36
8	Скв.35, Ершовская опытная станция	18,2	Глина тяжелая, гнездоватой текстуры пестро-цветная	0,00004	1,1
9	Ершовская опытная станция, куст3	26,5	Глина коричнево-бурая	0,00017	0,52
10	Ершовская опытная станция, куст3	27,3	– « –	0,0001	0,8

Установлено, что начальные градиенты напора зависят от плотности сложения, гранулометрического и макроагрегатного состава глин. Слои глин с относительно высокими значениями J_0 (0,6-1,1) обнаруживаются с глубин 18-20 м и более. Меньшие значения J_0 соответствуют алевритистым разностям глин с глубин 10-30 м. Верхние горизонты сыртовой толщи (желто-бурые глины и суглинки) вследствие относительно малой плотности и комковатого сложения имеют наименьшие значения J_0 (от 0,05 до 0,2).

Многократные наблюдения за величиной J_0 по одним и тем же монолитам показывают, что эта величина уменьшается со временем, вместе с увеличением объемного влагосодержания глин.

Режимными набдюдениями за уровнем в этажных пьезометрах подтверждается свойство сыртовых глин пропускать фильтрационный поток при градиентах напора, превышающих некоторую начальную величину. Об этом свидетельствует крутой фронт купола верховодки и отсутствие единой закономерности в распределении напоров в обводненной толще глин.

Заметим, что лабораторные опыты хотя и далеки от естественных схем миграции влаги, однако хорошо объяснили полевые наблюдения: отсутствие единой закономерности в распределении напоров в ярусных пьезометрах; прямую связь верховодок с очагами инфильтрации (отсутствие растекания); затруднительное обнаружение водопроявлений непосредственно при бурении скважин.

На основании вышерассмотренного мы подошли к понятию об отсутствии сплошности в теле верховодки. Одновременно возникли серьезные сомнения в справедливости данных, полученных экспедицией Киевского университета о повсеместном влагопереносе через зону аэрации. Серьезным доводом против повсеместного влагопереноса является также засоленность пород зоны аэрации. Мы сгруппировали эпюры засоления по

рельефным признакам и обнаружили, что на водоразделах верхняя часть толщи сыртовых отложений имеет значительное содержание водно-растворимых солей (рис.27-а) отмечаются солевые максимумы на глубине 1,5-3,0 м; в ложбинах стока почво-грунты промыты от водно-растворимых солей (рис. 27-б); на склонах долин (долина М.Узеня) отмечается солевой максимум в первом метре почвенных профилей (рис. 27-в).

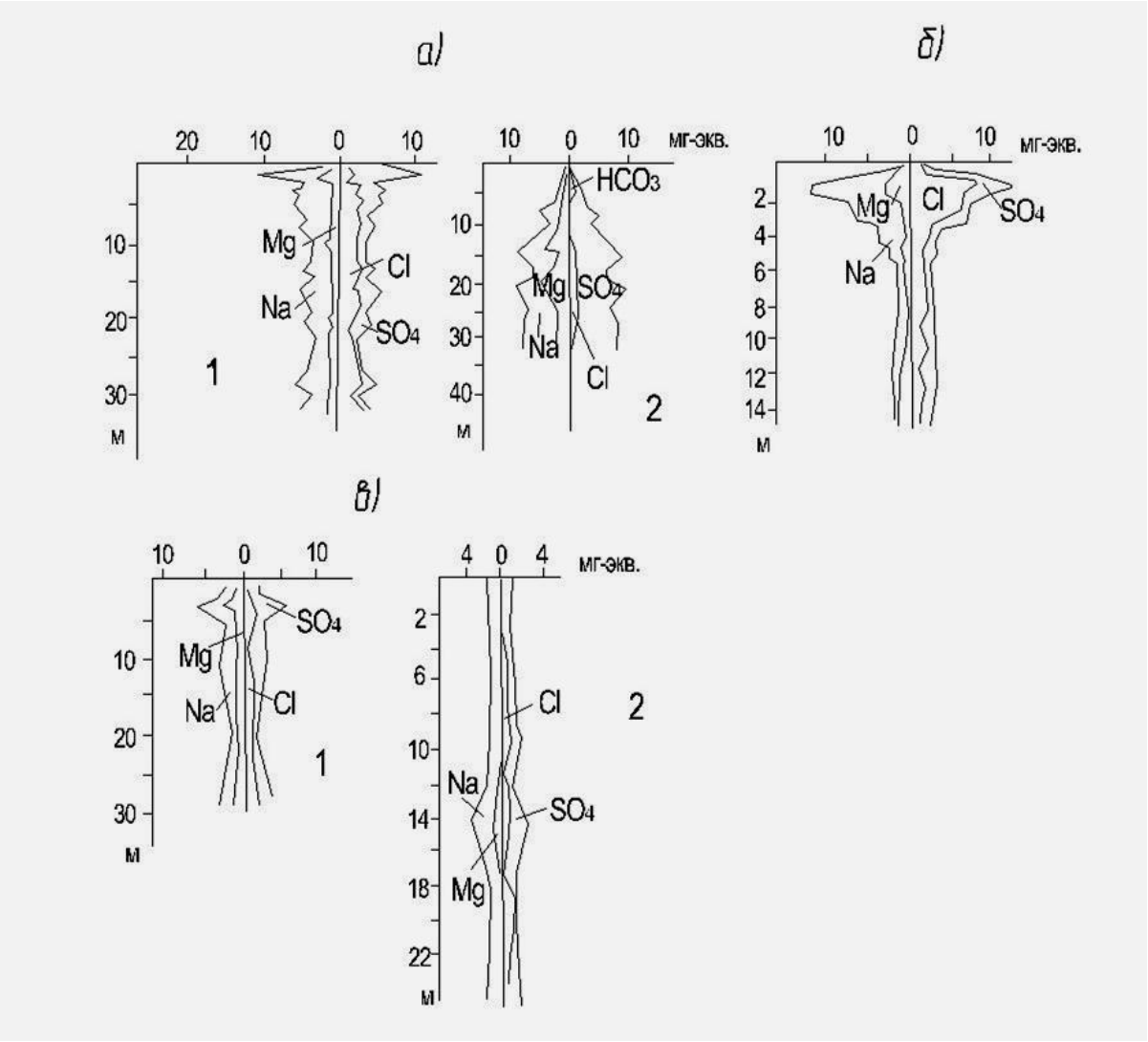


Рис.27 Эпюры содержания ионов токсичных солей в породах сыртовой толщи на территории Ершовской опытной станции: а – типовые эпюры возвышенных участков местности; б – то же, для склонов долин; в – то же, для днищ ложбин стока; 1-богара; 2- орошаемые земли.

Очевидно, что засоленный профиль грунтов на водоразделах сыртовой равнины указывает на отсутствие инфильтрации. Наличие же инфильтрации по ложбинам подтверждается промытым профилем. Как

показано в работе [76] мелиоративная обстановка на массиве остается хорошей.

Чтобы проверить сплошность водонасыщения сыртовых глин на староорошаемом массиве в январе 1982г. произведено опробование влажности и плотности пород до глубины 35-40 м. Результаты опробования представлены на рис. 28.

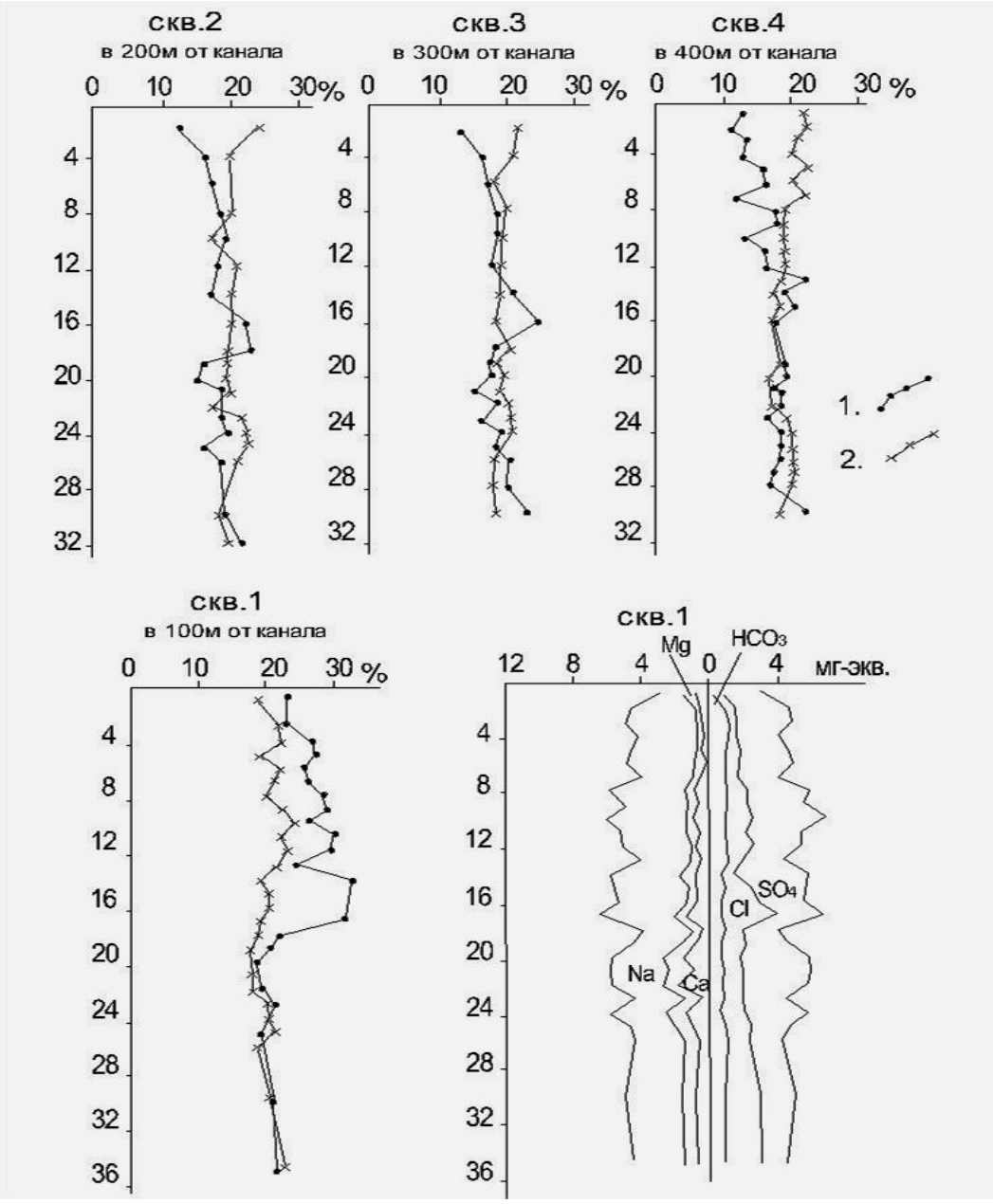


Рис.28 Эпюры влажности, плотности и засоленности токсичными солями сыртовых отложений на староорошаемом участке Ершовской опытной станции орошаемого земледелия по данным опробования за 1982г. (Скважины, расположенные в северной части староорошаемого массива): 1 – естественная влажность, % от веса; 2 – предельная полевая влагоемкость, % от веса.

На эпюрах видно, что верховодка отчетливо прослеживается в интервале глубин от 5.0 до 20.0 м. Глубже фиксируется относительная сухость пород и их повышенная плотность (равная оптимальной). За 47 лет орошения верховодка распространилась в северной части массива практически повсеместно. В настоящее время инфильтрация происходит в основном через систему каналов разного назначения и через систему понижений рельефа. Площадное распространение верховодки в значительной степени вызвано перестройкой оросительной сети. Многолетние режимные наблюдения за верховодкой на староорошаемом массиве показали (рис.24):

- в этажных пьезометрах наблюдается хаотическое распределение напоров;
- прироста напора апшеронских вод нет;
- апшеронские воды соленые.

Совместно с эпюрами влажности эти данные свидетельствуют о разобщенности наблюдаемых водоносных горизонтов. Верховодка представляет собой локальный водоносный горизонт. По-видимому, питание основного апшеронского водоносного горизонта происходит через долины, прорезающие толщу апшеронских глин.

В заключение этого раздела обращаем внимание на результаты опробования влажности и плотности грунтов зоны аэрации на новоорошаемом массиве Ершовской опытной станции (рис.29). Полевая влажность грунтов здесь до глубины 40.0 м меньше предела пластичности, что указывает на отсутствие инфильтрации. Орошение здесь ведется с 1975г. из закрытой сети. Очевидно, что дождевальный способ орошения земель не ведет к образованию верховодки.

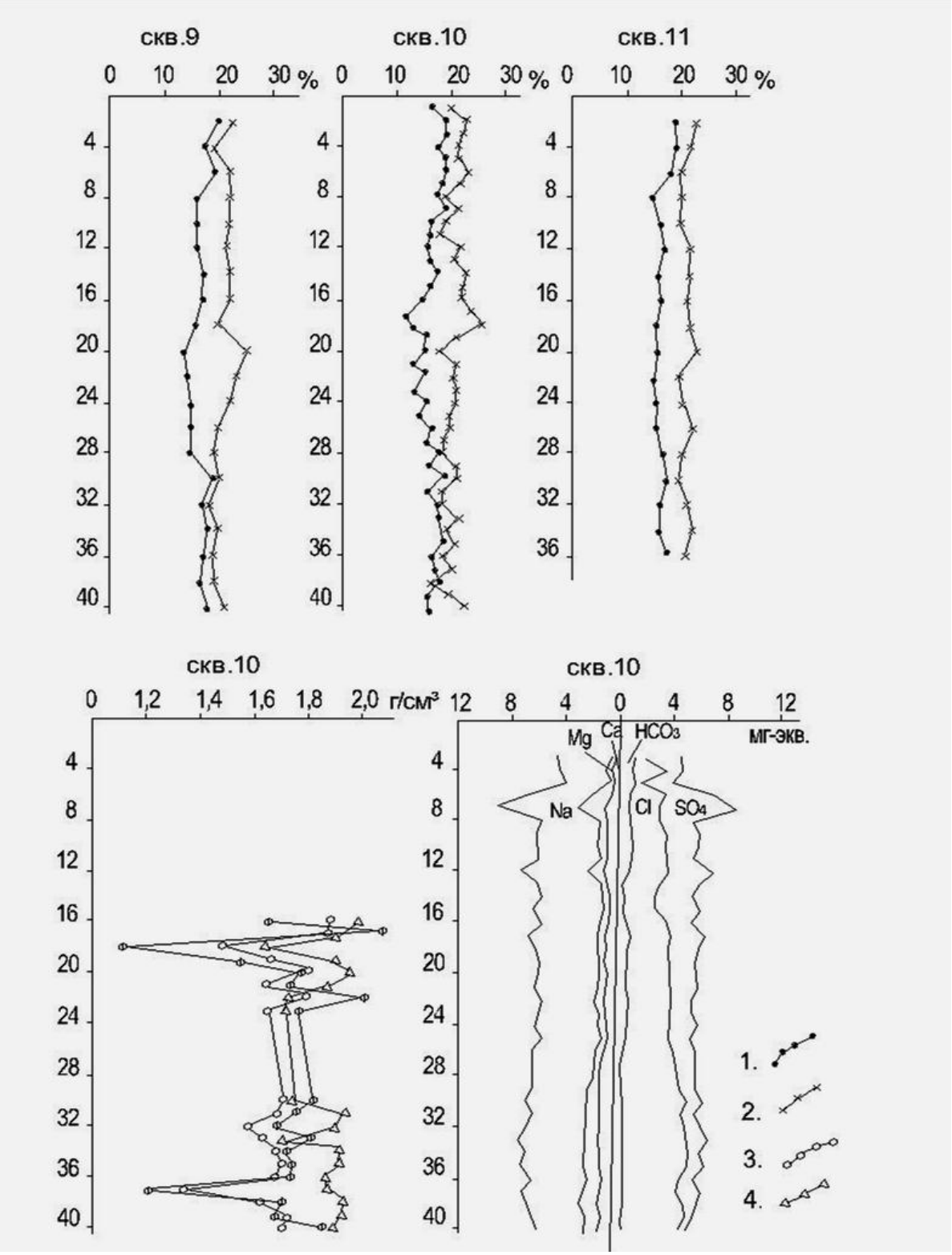


Рис.29 Эпюры влажности, плотности и засоленности токсичными солями сыртовых отложений на участке нового орошения Ершовской опытной станции орошаемого земледелия по данным опробования за 1982г.: 1 – естественная влажность, % от веса; 2 – предельная полевая влагоемкость, % от веса; 3 – максимальная молекулярная влагоемкость, % от веса; 4 – объемный вес сухой породы, г/см^3.

При изучении эпюр влажности, плотности и засоленности почвогрунтов отмечается:

– на территории староорошаемого участка (рис.28) поливы напуском и дождевальной машиной ДДА-100 из временных оросителей привели к увеличению влажности верхней менее плотной части толщи сыртовых глин выше максимальной молекулярной влагоемкости на 3-4%, что объясняется растворением защемленного в микроагрегатах воздуха, в наибольшей степени это произошло в зоне 100-150 м от магистрального канала. При этом солевой профиль промыт только в самой верхней части разреза, что свидетельствует об образовании верховодки преимущественно за счет растекания подканального купола.

– на участке нового орошения с применением дождевальной и закрытой водоподающей сети (рис.29) естественная влажность меньше максимальной молекулярной влагоемкости, что свидетельствует об отсутствии глубинной инфильтрации. Это подтверждается и эпюрой засоленности.

О локальном характере инфильтрации свидетельствуют эпюры засоленности сыртовых глин в разных рельефных условиях (рис.27). Здесь видно, что при поливах дождеванием только в днищах ложбин происходит переувлажнение грунтов и вынос солей в глубокие горизонты.

3.2 Изучение условий инфильтрации на новоорошаемых землях Ершовского опытного хозяйства (ОПХ)

Орошаемый массив Ершовского опытного хозяйства имеет площадь 2300 га. Орошение ведется с 1975г. с применением дождевальных машин «Фрегат» и «Волжанка». Массив расположен на склоне и частично на водораздельной поверхности увала сыртовой равнины. Большая часть массива располагается в пределах бухтообразного склона, формирующего бассейн балки Репинский овраг. Абсолютные высоты поверхности массива изменяются от 100 до 115м.

Условие распространения верховодки на рассматриваемом массиве рассмотрены автором в работе [76].

Вопрос инфильтрации изучался здесь до орошения и в условиях орошения институтами: «ВНИИГиМ», «ВолжНИИГиМ», а также НИС Киевского университета. Здесь построен опытный участок вертикального дренажа из 5 скважин, в настоящее время здесь строятся воднобалансовые участки Саратовской воднобалансовой станции.

По вопросу инфильтрации на орошаемом массиве между учеными имеются существенные разногласия. Следует отметить, что до исследований, выполненных НИС Киевского университета [86], существовало мнение о водоупорности глубоких горизонтов сыртовой толщи глин. Детального же рассмотрения условий инфильтрации во взаимосвязи с рельефными условиями и водно-физическими свойствами сыртовых пород не проводилось.

В связи с этим вопрос о гидрогеологических условиях этого массива был подвергнут детальному анализу. Схема распространения верховодки и гидрогеологические разрезы по имеющимся данным приводятся на рис.30.

Методика наших исследований основывалась на сравнении эпюр влажности, плотности, засоленности и водопроницаемости сыртовых глин

на разных глубинах в разных рельефных ситуациях. Размещение точек опробования обосновывалось морфометрическим методом.

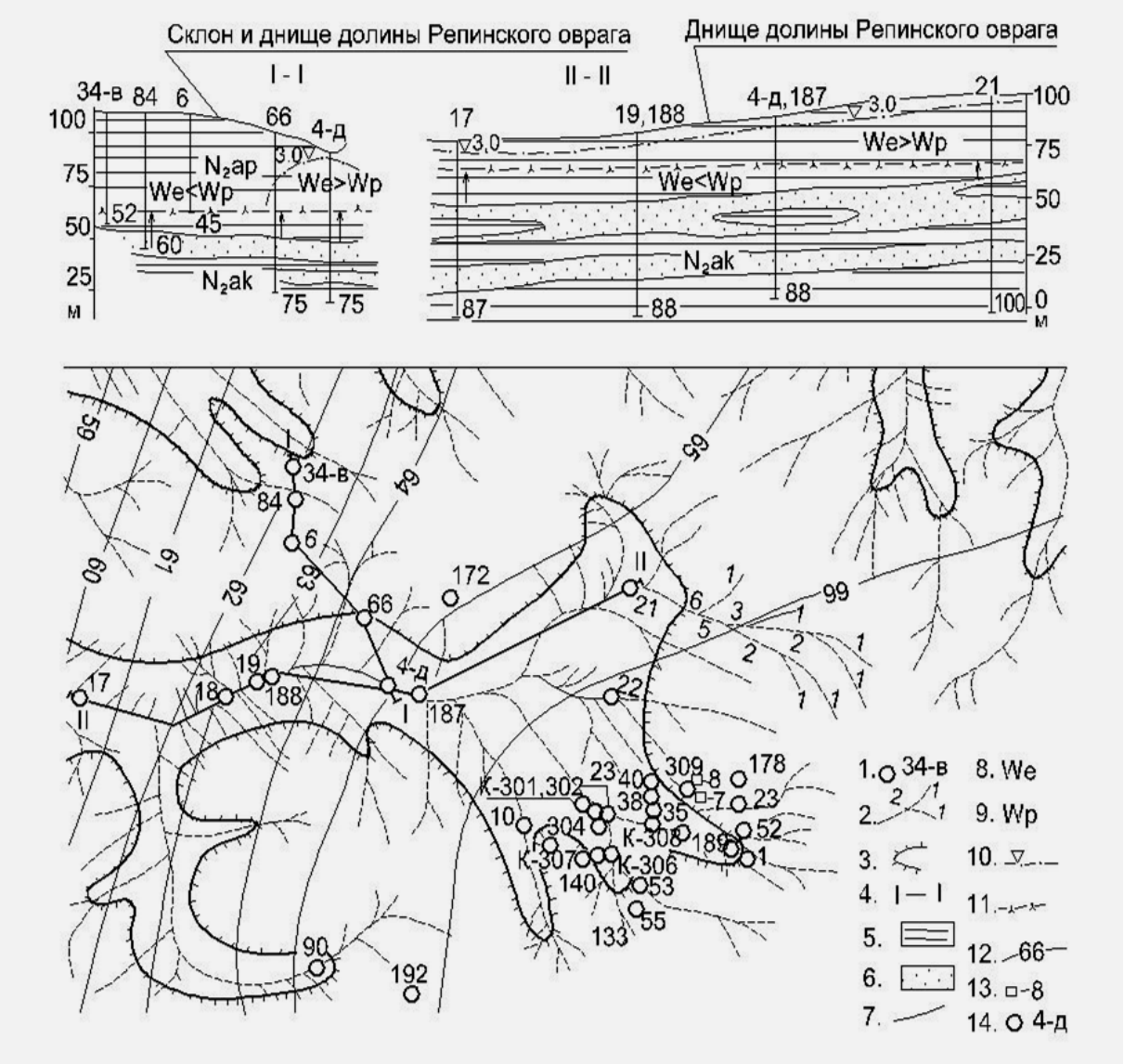


Рис.30 Гидрогеологическая карта и разрезы территории Ершовского опытного хозяйства: 1 – гидрогеологические скважины; 2 – ложбины стока; 3 – контур распространения верховодки; 4 – линия гидрогеологического разреза; 5 – глины; 6 – пески; 7 – стратиграфические границы; 8 – влажность естественная; 9 – предел пластичности; 10 – уровень верховодки; 11 – уровень основного водоносного горизонта; 12 – пьезоизогипсы; 13 – опытные шурфы по изучению влагопереноса; 14 – скважина опытного вертикального дренажа.

В соответствии с вышерассмотренной методикой оценки условий инфильтрации (глава 2) исходными допущениями принимались:

1. Поток влаги через зону аэрации отсутствует, если эпюра естественной влажности глин во всех своих точках совпадает с эпюрой

максимальной молекулярной влагоемкости. Такая эпюра принимается за равновесную.

2. Водоупорной считается такая глинистая порода, естественная плотность которой равна оптимальной.

Принятое допущение о равновесной влажности справедливо с позиций накопленных в СССР и за рубежом опытов по определению всасывающего давления почво-грунтов при влажности равной максимальной молекулярной влагоемкости [48]. Со своей стороны мы проделали серию опытов по обезвоживанию предварительно водонасыщенных образцов породы (насыщение длилось более 3-х месяцев) вакуумированием через полупроницаемую мембрану. При обезвоживании образцов сыртовых глин технически возможной силой вакуума остаточная влажность всегда получалась больше максимальной молекулярной влагоемкости. Это согласуется также и с тем, что в тальвегах долин при глубине до верховодки 10-15 м предвесенняя влажность глин в зоне аэрации больше максимальной молекулярной влагоемкости.

Проведенные опыты позволили установить, что время свободного водонасыщения монолитов высотой 10-15 см составляет 2-3 месяца, скорость впитывания (исключая начальный и конечный моменты) равна коэффициенту фильтрации. Скорость продвижения фронта смачивания на порядок больше скорости впитывания, что увязывается с величиной активной пористости, полученной разными способами. В условиях полного водонасыщения в глинах содержится 2-5% воздуха. Недостаток насыщения в зоне аэрации составляет 10-15%. Водоотдача глин ничтожно мала: до 1% при дренаже с напором 1,5 м. При обезвоживании вакуумом водоотдача составляет 1-12%, эта величина совпадает с пористостью, фиксируемой микроскопом [87].

Опыты позволяют выделить следующие категории активной пористости:

1. пористость фильтрующих каналов – динамическая водоотдача, получаемая в процессе дренирования понижением напора на 1,5 м;

2. пористость, вмещающую гравитационно подвижную влагу, получаемую обезвоживанием вакуумом;

3. пористость «потенциальную» - разность между общей пористостью и максимальной молекулярной влагоемкостью.

Данные о водно-физических характеристиках сыртовых глин в интервале глубин 1-13 м приводятся в табл.3:

Данные о водно-физических свойствах сыртовых глин на орошаемом массиве Ершовского опытного хозяйства таблица3

№ скважин	Глубина отбора монолитов, м	Естественная % влажность, вес	Скорость свободного впитывания, м/сутки	Коэфф-т фильтрации, м/сутки	Водоотдача при дренаже снижением напора на 1,5 м, %	Влажность породы после дренажа снижением напора на 1,5 м	Диаметр фильтрующих пор по формуле Жюрена, см
1	2	3	4	5	6	7	8
302	5,5	15,8	0,0007	0,0008	1,1	22,8	0,0048
	6,2	17,7	0,0005	0,0005	0,8	21,6	0,007
	8,0	16,9	0,0003	0,0004	1,3	21,7	0,0035
	9,0	16,7	0,00019	0,0002	1,1	21,9	0,003
	10,0	19,2	0,00026	0,0007	0,6	22,3	0,005
303	3,0	15,4	0,003	0,0015	0,7		0,004
	4,0	18,0	0,0007	0,006	1,2		0,003
	5,0	19,3	0,0003	0,0004	0,6		0,004
	6,0	19,8	0,00025	0,0002	0,3		0,003
	7,0	20,6	0,00018	0,0002	0,2		
	8,0	21,7	0,00005	0,0005	0,1		
304	1,0	18,7	0,0015	0,02	1,5	20,8	0,004
	2,0	15,3	0,00012	0,008	1,8	21,9	
	3,0	17,1	0,002	0,003	0,9	22,3	
	5,0	16,5	0,00018	0,01	0,5	21,8	
	6,0	18,4	0,0008	0,0008	1,5	21,8	0,003
304	9,0	20,0	0,0003	0,0004	0,6	21,7	0,0025
	10,5	20,6	0,0017	0,0007	0,5	21,7	0,003
	11,5	20,6	0,0009	0,0015	1,1	21,8	0,006
	12,0	20,4	0,001	0,0018	1,3	22,1	0,007
	13,0	22,3	0,0	0,0008	0,7	21,8	0,006

Характерные эпюры влажности, плотности, активной пористости, засоленности воднорастворимыми солями и водопроницаемости для разных рельефных условий приводятся на рис.11.

Для сыртовых глин характерно равенство предела пластичности, максимальной молекулярной влагоемкости и оптимальной влажности. Следовательно, допущение в отношении критерия их водоупорности, принятое выше, справедливо. В ряде случаев водоотдача даже при вакуумировании не превышает 1-2% и доказывает, что плотность глин в агрегатах равна таковой в монолите.

Очевидно, это и указывает на наличие водоупорных горизонтов. Все же лабораторные опыты требуют натурной проверки. Поэтому для доказательства водоупорности сыртовых отложений в естественных условиях нами была поставлена задача проверить водонасыщенность сыртовых отложений ниже пьезометрического уровня апшеронских вод. Для рассмотрения этого вопроса предварительно на рассматриваемой территории была пройдена скважина 34в. Ее местоположение было выбрано с таким расчетом, чтобы она не только не была в очаге инфильтрации, но и не могла пересекать на глубине купол верховодки. Проходка ее велась всухую ударно-канатным способом, до глубины 10 м она закреплена трубами, глубина ее в целом составила 52 м, при этом забой оказался на 8 м ниже напорной поверхности апшеронских вод, регистрируемой рядом режимных скважин. Ближайшая режимная скважина 84, вскрывшая напорные апшеронские воды, находится в 300 м от СКВ. 34в (рис.30).

Влажность, плотность и активная пористость вскрытых здесь отложений в виде эпюр приводятся на рис.31,32.

Как видно на эпюрах естественная влажность грунтов здесь меньше предела пластичности до глубины 52 м, этим и объясняется отсутствие водопроявлений в ней. Тот же факт, что скважина остается безводной, хотя

забой ее находится на 8 м ниже напорной поверхности апшеронских вод, является прямым доказательством водоупорности сыртовых отложений.

Заметим, что естественная уплотненность глин здесь во многих точках разреза, в т.ч. и в зоне проявления напора апшеронских вод, практически равна оптимальной. Отсюда следует, что для заключения о водоупорности сыртовых глин достаточно сравнить естественную их уплотненность с оптимальной.

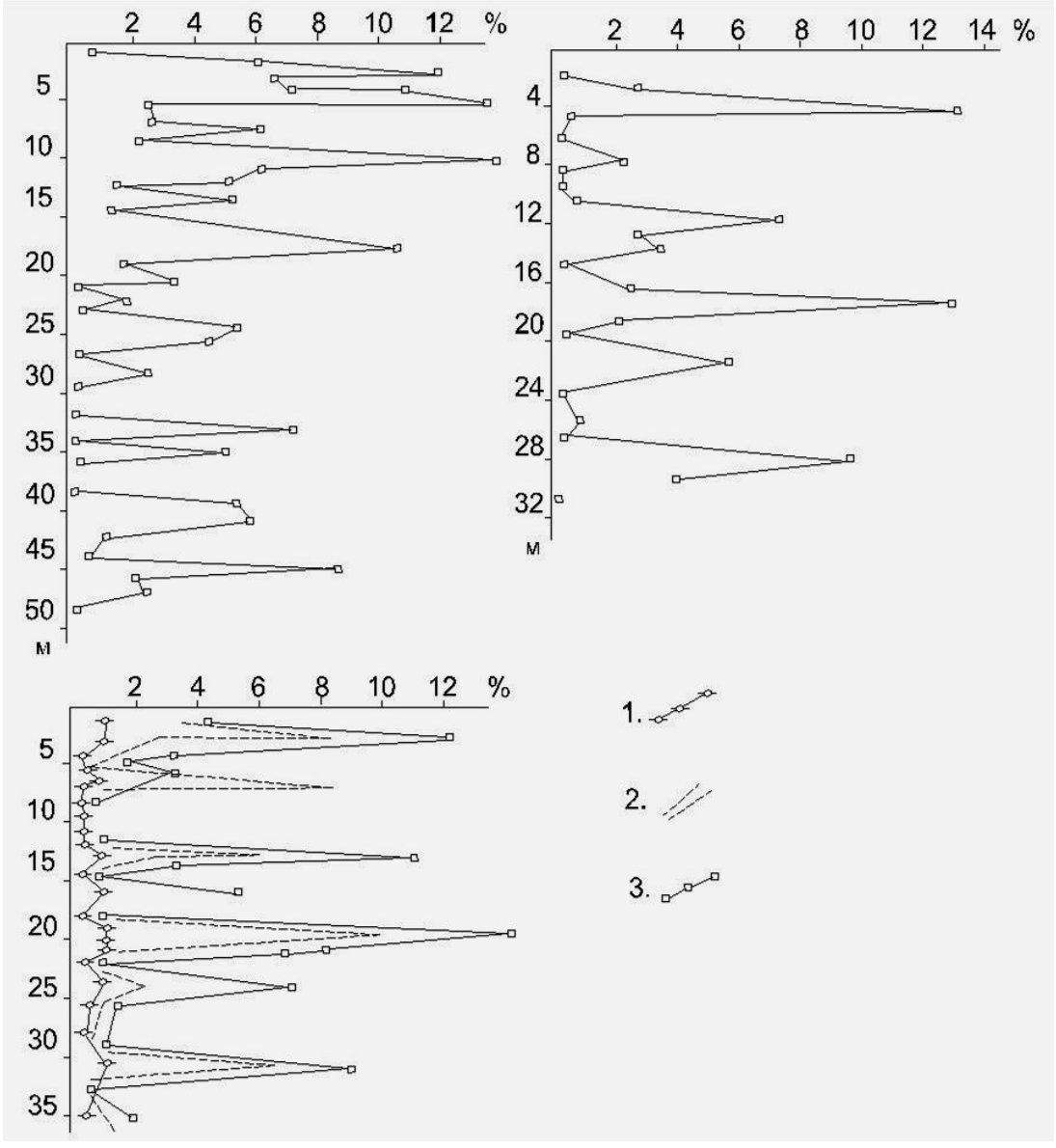


Рис.31 Эпюры активной пористости сыртовых отложений возвышенных участков территории орошаемого массива Ершовского опытного хозяйства: 1 – водоотдача предварительно насыщенных водой образцов при обезвоживании вакуумной силой 0,15 атмосферы; 2 – то же , силой ≈1,0 атмосферы; 3 – разность между естественной и оптимальной пористостью.

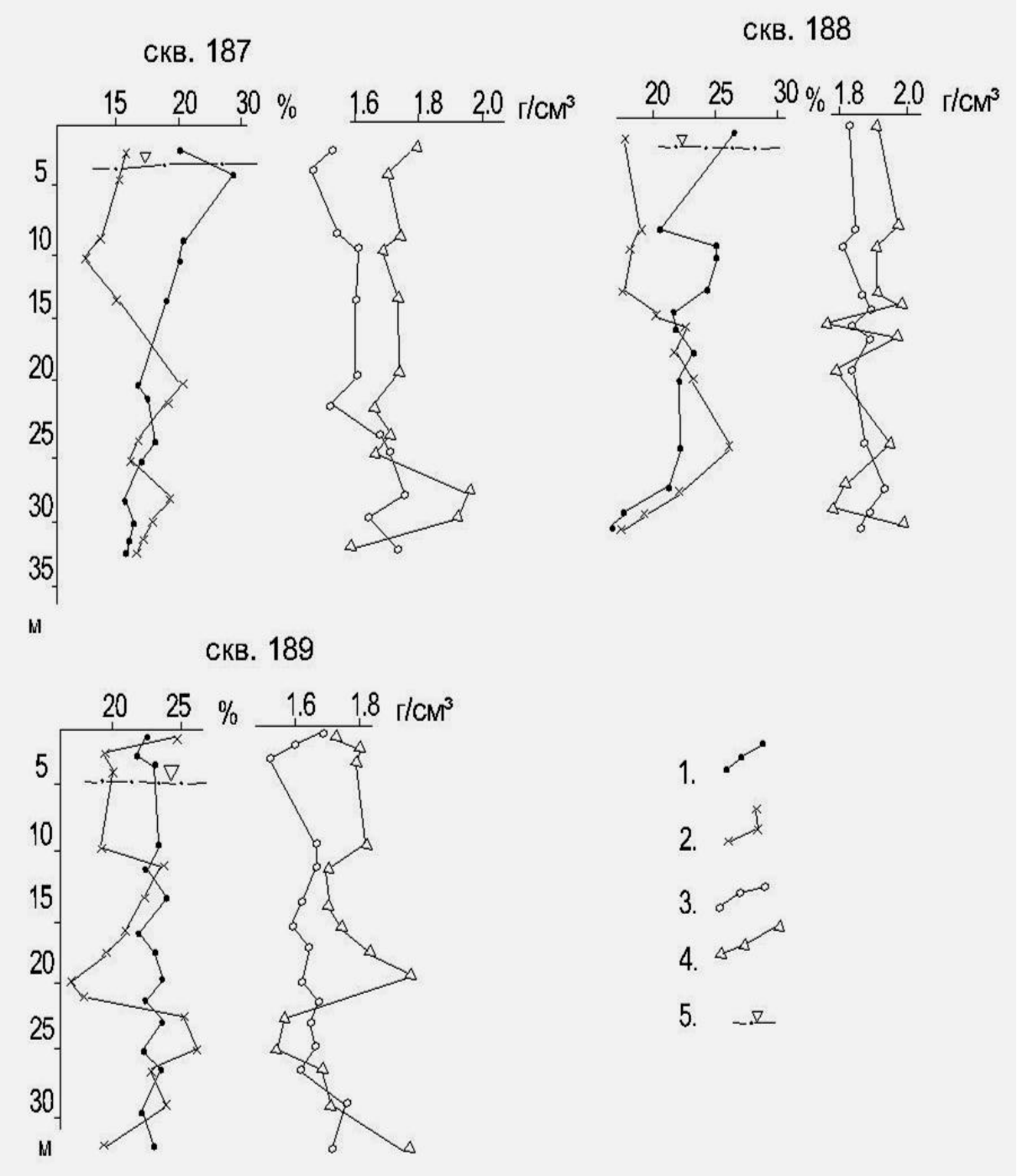


Рис.32 Эпюры влажности, плотности и активной пористости грунтов глубоких горизонтов сыртовой толщи в днищах балок орошаемого массива в Ершовском опытном хозяйстве: 1 – влажность естественная; 2 – предел пластичности; 3 – объемная масса сухого грунта в естественном сложении; 4 – то же, при оптимальном уплотнении; 5 – уровень верховодки.

В целом рассмотрение эпюр уплотненности (рис.33,34) приводит к мысли о том, что водоупорные горизонты залегают в виде линз.

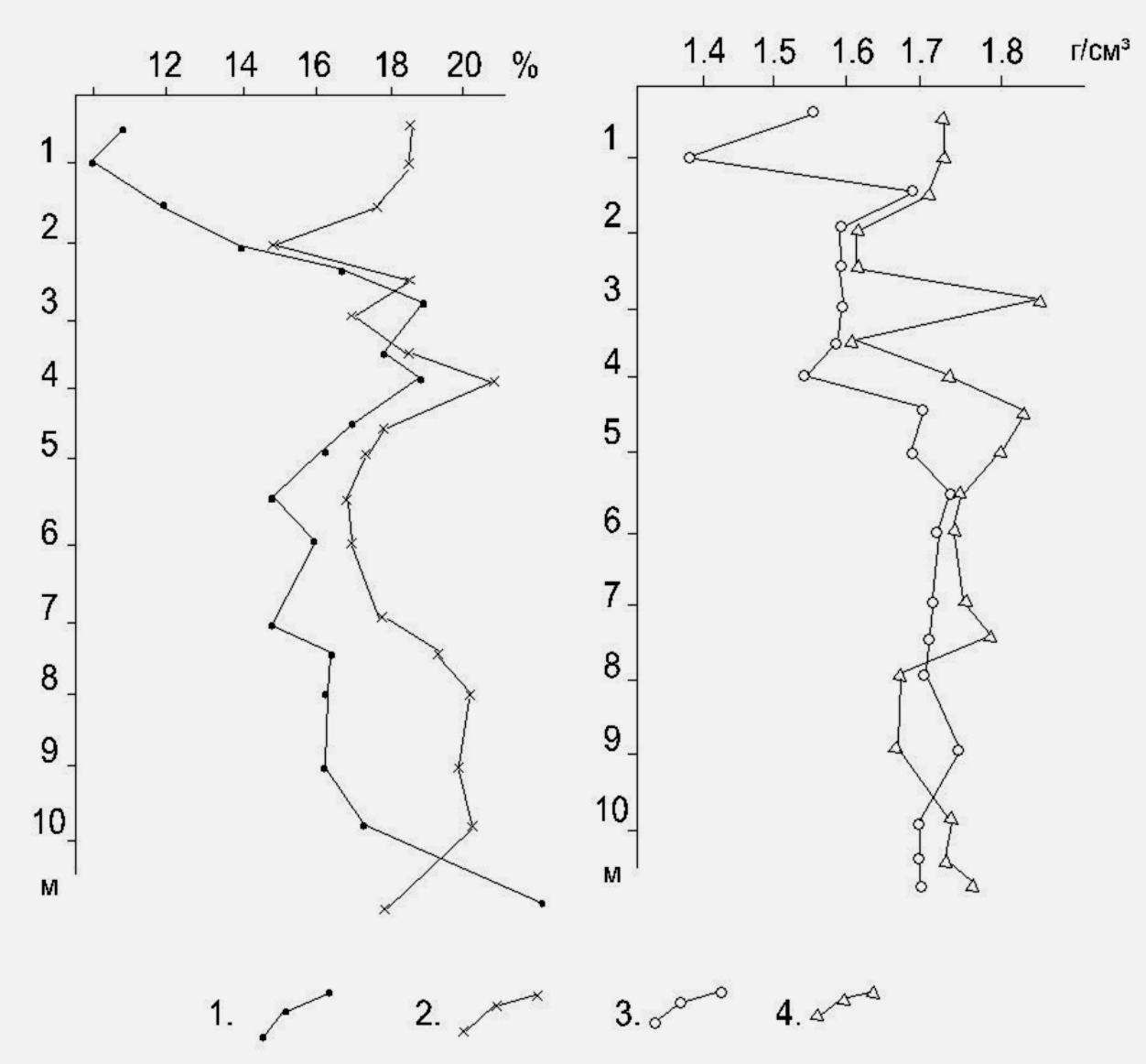


Рис.33 Эпюры влажности и плотности сыртовых отложений до уровня верховодки на склоне ложбины стока 10-го порядка по монотомической системе (орошаемый массив Ершовского опытного хозяйства): 1 – естественная влажность; 2 – предел пластичности; 3 – объемная масса сухой породы в естественном сложении; 4 – то же, при оптимальном уплотнении.

Сравнение эпюр влажности и плотности сыртовых глин в разных рельефных условиях доказывает, что непременным условием образования верховодки является высокая влажность пород в зоне аэрации (больше предела пластичности); повышенная влажность пород зоны аэрации отмечается лишь для долин старше 6-го порядка по монотомической системе; на водоразделах и склонах глины относительно сухи вплоть до глубины залегания основного водоносного горизонта; водоупорность глин

отмечается в виде отдельных горизонтов и линз, залегающих на разных глубинах, первый водоупор встречается на глубине 1-2 м.

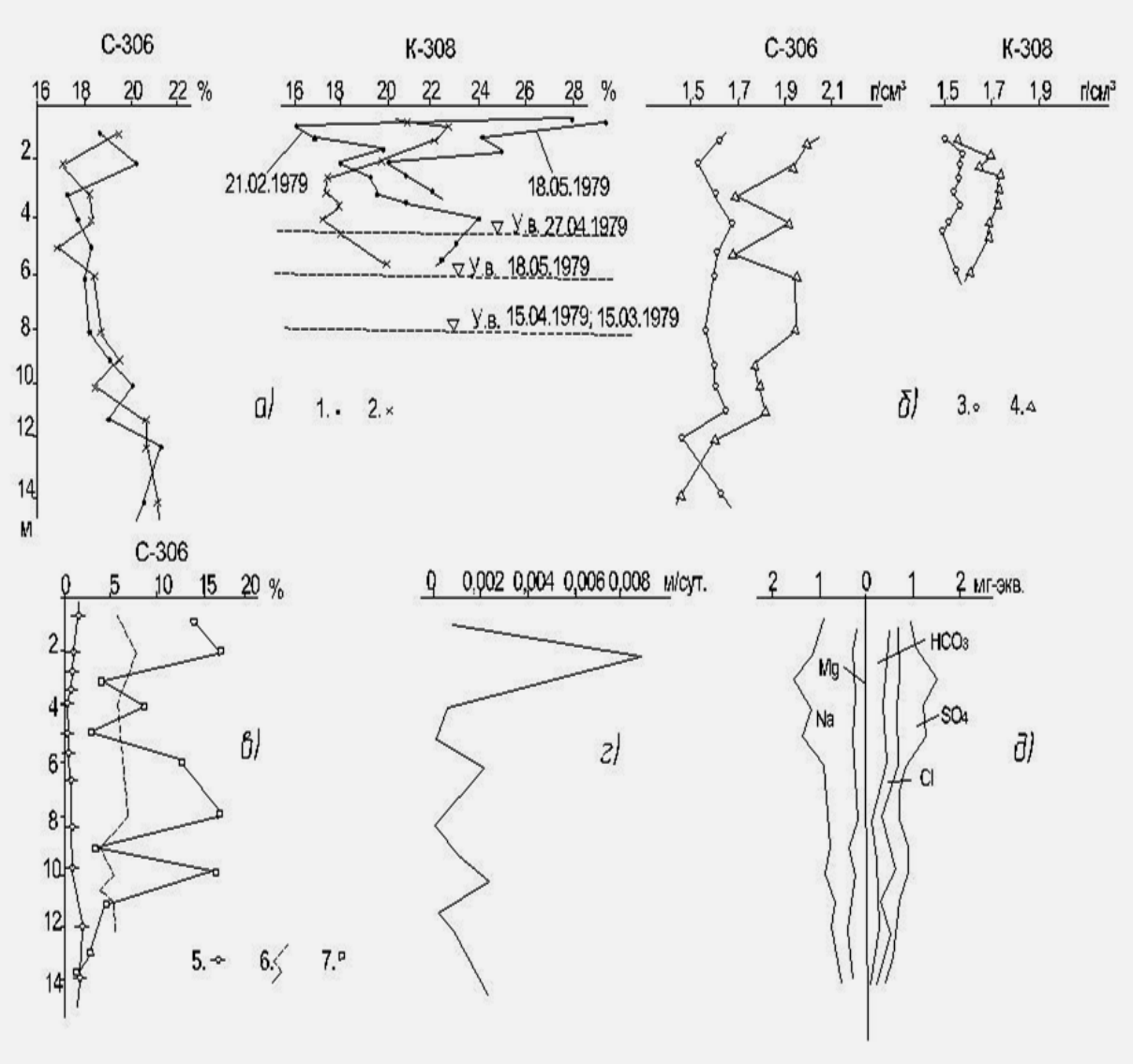


Рис.34

О локальном характере инфильтрации свидетельствует также распределение водно-растворимых солей: на возвышенных участках равнины существенно большее содержание водно-растворимых солей, чем в днищах долин.

Сложившиеся представления о распространении верховодки потребовали обратить особое внимание на наблюдение за глубокими безводными скважинами. На рассматриваемом массиве было пройдено 6

таких скважин. Безводные скважины проходились всухую буровым стаканом. Стенки скважин глубже 10 м оставлены без крепления. Глубины скважин подбирались с таким расчетом, чтобы забой их был на одинаковых отметках с напорной поверхностью основного водоносного горизонта (скв. 307,6 и 34-г) и ниже напорной поверхности (скв. 34-в, 172, 192). Водопроявлений по этим скважинам не отмечалось, стенки их устойчивы. При визуальном изучении керна этих скважин отмечается: образцы на бумаге влажного следа не оставляют, разламываются пальцами, крошатся на мелкие кусочки, кусочки в шнур не раскатываются.

Наиболее интересные данные по этому вопросу получены нами по скв.34в, глубина которой 52 м. Этой скважиной пройден практически полностью разрез сыртовых отложений. До кровли среднеапшеронских водонасыщенных отложений в рассматриваемой точке остается 2,5 м. Из эпюр влажности (рис.12а) видно, что скважина безводна: полевая влажность до глубины 52 м существенно меньше равновесного значения. Забой скважины находится на 8 м ниже пьезометрического уровня среднеапшеронских вод. В течение 6 месяцев скважина остается безводной. На шестом месяце наблюдений обнаружилось, что глубина скважины стала уменьшаться:

- 16 октября зафиксирована глубина 51,0 м;
- 26 октября глубина стала 50,5 м;
- с 10 декабря 1980г. и до конца наблюдений (июль 1981г.) забой скважины зафиксирован на глубине 49,2 м, то есть на 5,2 м ниже напорной поверхности апшеронских вод, скопления свободной воды на забое не обнаруживается.

Описанное необычное явление возможно объяснить лишь тем, что в глинах были скопления воздуха, давление которого выше атмосферного. Пройденная скважина очевидно дала возможность выйти воздуху по проницаемым горизонтам. С падением давления воздуха в околозабойную

зону стали внедряться напорные воды. Под воздействием воды и напора стенки скважины потеряли устойчивость, скважину стало «затягивать».

Аналогичное явление наблюдалось нами по скв.К-6 на массиве Ершовской опытно-мелиоративной станции. Первоначально безводная скважина К-6 имела глубину 34,5 м (1975г.). Забой ее оказался на 2,5 м ниже напорной поверхности среднеапшеронских вод. Водопроявления в скважине были обнаружены спустя 3 месяца после бурения. Чтобы предохранить стенки скважины от обрушения в 1976г. ее закрепили трубами и установили фильтр в водонасыщенном горизонте. Уровень воды в скважине постепенно повышался, в 1980г. он находился на 1м ниже напорной поверхности среднеапшеронских вод. В 1981г. рядом со скважиной К-6 была пройдена разведочная скважина, которая подтвердила положение уровня воды в этом месте. Скопления воздуха в контактной зоне сыртовых отложений со среднечетвертичными песчаными отложениями могут быть связаны с процессами, приводившими сначала к осушению среднеапшеронских отложений, а затем к обводнению их.

Наличие под непроницаемыми горизонтами сыртовых отложений скоплений воздуха возможно проверить специальными опытами:

- определением давления воздуха;
- определением влажности глин повторно в зоне «восстановления» уровня воды в скважине (если это произойдет хотя и через весьма продолжительное время).

Воздухоупорность плотных горизонтов сыртовых глин была проверена нами путем прокачивания воздуха через монолиты. Глины, естественная влажность которых равна пределу раскатывания, начинают пропускать воздух при давлении его в воздушной камере 20-130 кПа. Таким образом, водоупорность сыртовых глин наблюдается практически; предложенный критерий водоупорности подтвердился.

В соответствии с этим развито предположение об экранирующей (антифильтрационной) роли плотного слоя почв, залегающего на глубине 1,0-2,0м. Заметим, что первый водоупор имеет линзообразное залегание и в этом случае следует его рассматривать как относительный водоупор. В условиях дождевального способа полива он способен оказывать препятствие глубинному просачиванию влаги.

Следует подчеркнуть, что экранирующая роль плотного слоя почв может проявляться в основном при дождевальном способе полива из закрытой сети нормами полива, рассчитанными на восполнение дефицита влаги в слое до 2-х м. Динамика влаги (диапазон влагорегулирования) в расчетном слое особого значения не имеет, не следует только продолжительное время поддерживать в нем полное водонасыщение, вызывающее поток обтекания водоупора. Плотный слой почв является естественной границей внедрения подаваемых вод в почву на момент полива.

В условиях орошения усиливается перенос карбонатных солей и тонких частиц грунта из пашни в глубокие слои, где вследствие химического и физического поглощения происходит уплотнение почв и закупорка пор.

О том, что плотные слои сыртовых отложений экранируют процесс инфильтрации, можно судить по эпюрам влажности и уплотненности.

Например, на рис.35 приводятся эпюры влажности и плотности (объемной массы) отложений, вскрытых на борту ложбины скважиной 38-1. Эта скважина расположена на краю орошаемого поля люцерны вблизи лесополосы. Скважина пройдена зимой 1980г. Верховодка здесь вскрыта на глубине 11 м. На эпюрах влажности видно, что до глубины 2м грунты здесь иссушены ($We<<Wp$), в интервале 2-4 м влажные ($We=Wp$), в интервале 4-10,0 м относительно сухие ($We<Wp$), на глубине 11,0 м отмечается обводненность грунтов.

Рассматривая одновременно эпюры влажности и плотности, замечаем, что влажный слой в верхней части разреза (интервал 2-4 м) является водоупорным (плотным). Инфильтрация в данной точке достигает лишь водоупорного слоя, а ниже отсутствует.

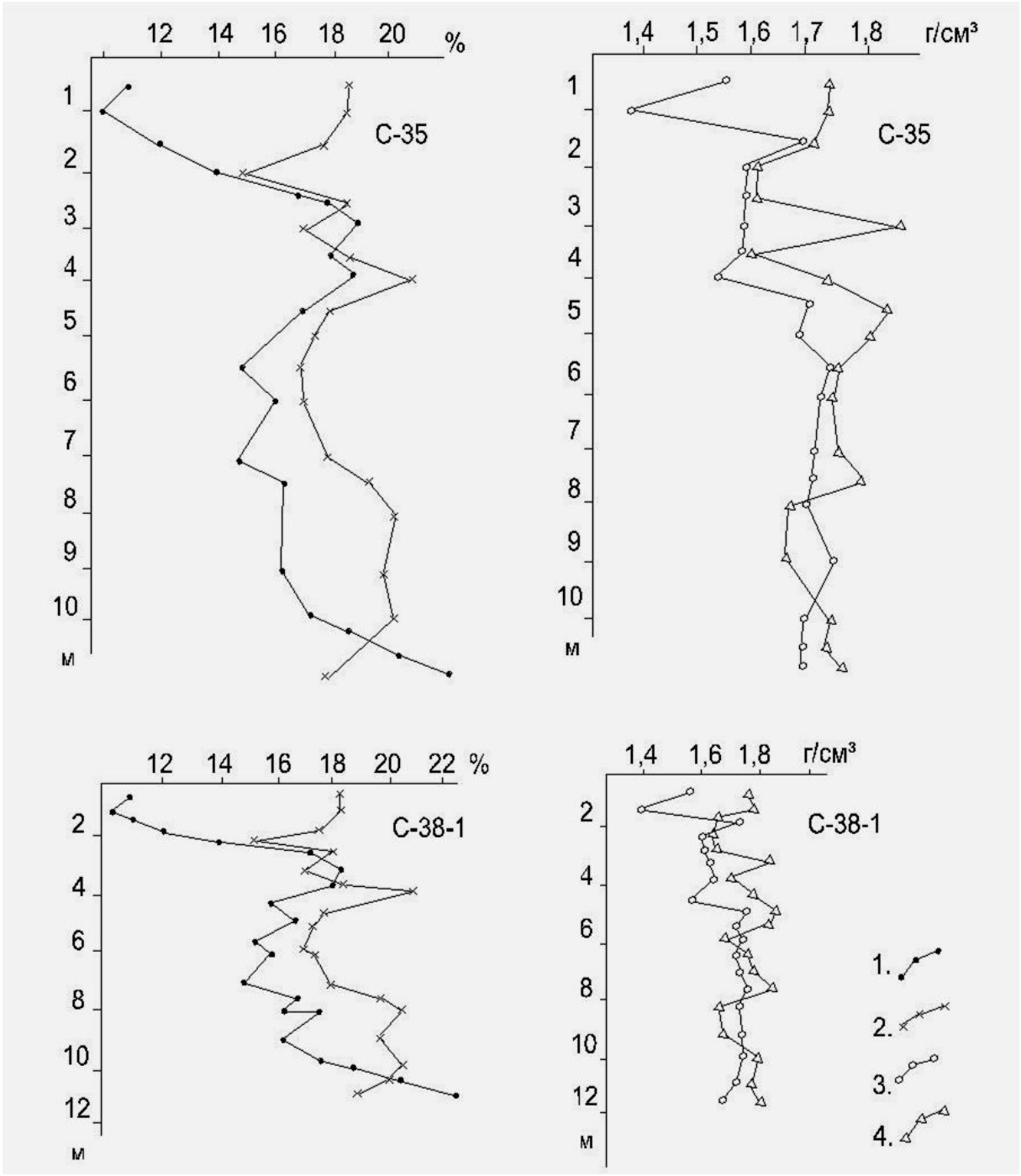


Рис.35 Эпюры влажности и плотности сыртовых отложений на склоне ложбины стока орошаемого массива в Ершовском опытном хозяйстве: 1 – естественная влажность; 2 – предел пластичности; 3 – объемная масса сухой породы естественного сложения; 4 – то же, при оптимальном уплотнении.

Верхний иссушенный слой (интервал 0,0-2,0 м) способен аккумулировать до 2000 м^3/га (больше поливной нормы, составляющей для сыртовых почв 450-700 м^3/га), что достигается, возможно, лишь в исключительных случаях при скоплении поверхностных вод около лесополосы.

таблица 4

Плотность почв Сыртового Заволжья

Номер и местоположение опытной точки, название почвы	Глубина отбора (интервал, см)													
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	100-120	120-140	140-160	190-200
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
5; седловина водораздела; темно-каштановая, тяжелосуглинистая	1,18	1,13	1,28	1,35	1,12	1,39	1,44	1,55	1,61	1,60	1,61	1,48	1,56	1,47
6; слабоволнистая равнина; темно-каштановая, тяжелосуглинистая	1,14	1,12	1,20	1,30	1,32	1,38	1,43	1,40	1,50	1,54	1,40	1,34	1,25	1,27
7; средняя часть склона; темно-каштановая глинистая	1,12	1,18	1,20	1,30	1,41	1,43	1,45	1,45	1,50	1,51	1,51	1,42	1,38	1,42
8; ровный участок водораздела; темнокаштановая, глинистая	1,12	1,13	–	–	1,42	–	1,52	–	–	1,61	–	1,56	1,57	–
9; плоский склон; темнокаштановая, глинистая	1,16	1,17	1,18	1,39	1,39	1,42	1,45	1,45	1,45	1,40	1,42	1,54	1,43	1,57
10; ровный участок водораздела; темнокаштановая, глинистая	1,02	0,97	1,12	1,25	1,30	1,36	1,41	1,44	1,54	1,64	1,63	1,56	1,59	1,36
11; пологий склон долины, темнокаштановая, глинистая	1,15	1,09	1,04	1,21	1,32	1,37	1,43	1,47	1,55	1,55	1,45	1,48	1,46	1,43

12; вершина водораздела; темнокаштановая, глинистая	1,19	1,25	1,31	1,37	1,37	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,55	1,50	1,55	1,76
13; склон ложбины; темнокаштановая, глинистая	1,08	1,13	1,17	1,39	1,39	1,47	1,47	1,47	1,46	1,46	1,53	1,54	1,54	1,54
14; вершина водораздела; темнокаштановая, глинистая	1,18	1,16	1,16	1,30	1,44	1,46	1,45	1,50	1,50	1,54	1,51	1,41	1,42	1,46
16; пологий склон; темнокаштановая, глинистая (орошаемая)	1,30	1,30	1,37	1,45	1,45	–	1,56	–	1,63	1,56	1,53	1,48	1,60	1,54
19; пологий склон долины, темнокаштановая, глинистая (орошаемая)	1,38	1,38	1,38	–	1,51	–	–	–	1,62	1,55	1,56	1,49	1,46	1,55
20; ровный участок водораздела; темнокаштановая, глинистая (орошаемая)	1,43	–	1,43	–	1,51	–	1,69	–	1,75	1,76	1,74	1,69	1,70	1,65

Многолетние опыты по изучению водопроницаемости почво-грунтов методом наливов воды в шурфы не противоречат выводам об экранирующей роли плотного слоя почв. Например, опыты продолжительностью 3-5 суток приводят к увлажнению грунтов до глубины 0,5-1,0 м ниже дна шурфа. К сожалению на эти факты не обращалось раньше внимание.

Заметим, что на новоорошаемых землях обнаруживается застой поверхностных вод в ложбинах стока при глубоком залегании грунтовых вод. Это также свидетельство водоупорности глубоких горизонтов почвы.

Таким образом здесь доказывается, что на сыртовой равнине, как на богарных, так и на орошаемых землях при дождевальном способе полива, инфильтрация непосредственно на полях может происходить только через

понижения в рельефе. При этом образуются локальные водоносные горизонты – верховодки.

Рассмотренные представления о локализации естественных верховодок и сформулированные правила их разведки в соответствии с закономерностями развития эрозионных форм рельефа положены в основу принципа размещения режимных гидрогеологических скважин на оросительных системах.

Для примера на рис.36 приводится предложенная автором схема размещения режимных скважин на территории Саратовской воднобалансовой станции. Размещение скважин лучами и створами, пересекающими долины и водоразделы даст возможность построения двух гидрогеологических карт: карты контуров верховодки и карты пьезометрической поверхности апшеронских вод. Лучевой принцип размещения режимных скважин предложен и для приканальных створов. При этом выделяются две категории приканальных створов:

1-ая – приканальный створ, характерный для участка канала, заданного в выемке;

2-ая – приканальный створ, характерный для участка канала, заданного в насыпи (пересекающего систему ложбин стока).

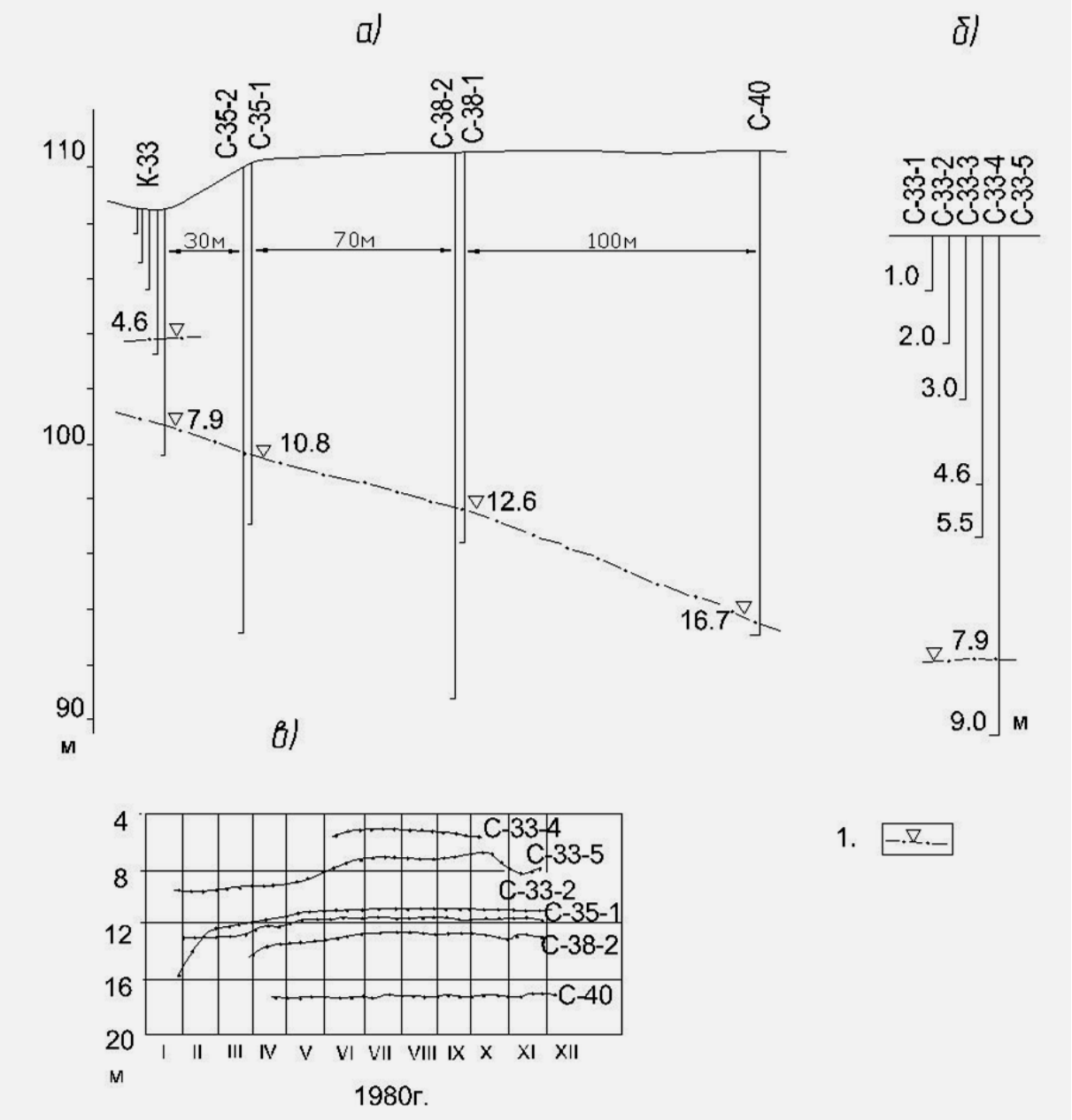


Рис.36 Схема размещения режимных скважин в луче и графики изменения уровня верховодки на орошаемом массиве Ершовского опытного хозяйства: а – структура луча; б – структура куста; в – графики изменения уровня; 1 – уровень воды в скважине по данным на 10.06.1980г.

При таком подходе приканальные створы представляют собой систему лучей, отходящих от канала и остающихся параллельно последнему.

Как обычно, луч начинается от днища ложбины и протягивается на водораздел. Водоупорные свойства сыртовых глин обуславливают особые требования по бурению и оборудованию режимных скважин. Все

скважины следует бурить всухую буровым стаканом. После установки и обсыпки фильтра затрубное пространство заливается густым глинистым раствором (бентонитовой глиной).

Наличие многочисленных водоупоров в толще сыртовых глин делает весьма сложным механизм питания верховодок. Здесь мы рассмотрим информацию по скважинам, которые построены нами специально для наблюдения за режимом купола верховодки в месте ее питания.

Скважины проходились всухую ударно-канатным способом (буровым стаканом) при необходимости (в водонасыщенных грунтах) с одновременной обсадкой трубами.

На рис.37 приводятся графики изменения уровня верховодки

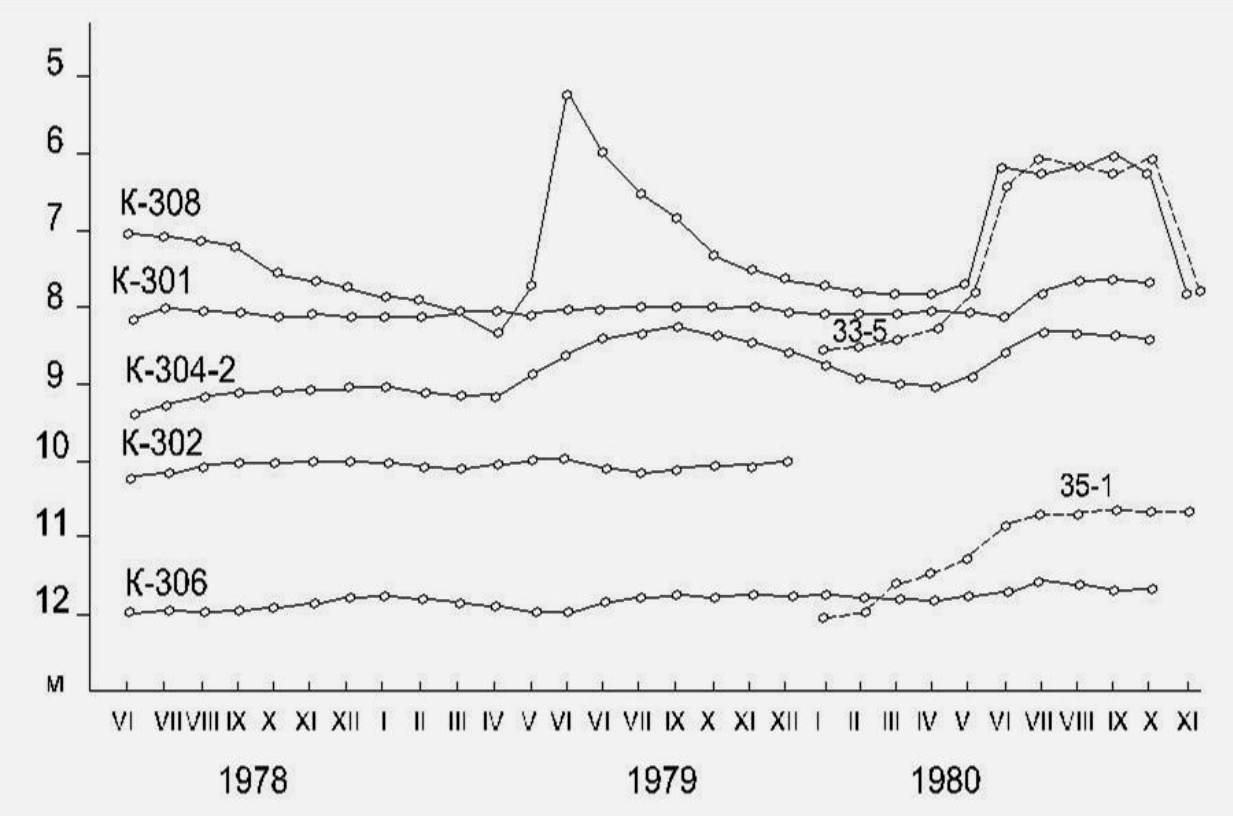


Рис.37 Графики колебания уровня верховодки на орошаемом массиве в Ершовском опытном хозяйстве. По положению в рельефе выделяются следующие группы скважин:

– в переуглублении днища ложбины (К-308, 33-5);
– на возвышении (0,6 м) днища ложбины (К-306);
– на борту ложбины (К-301; К-302; К-304-2; 35-1).

в скважинах, расположенных в переуглублении днища ложбины 15 порядка, (скв.308), на небольшом возвышении в днище ложбины 10 порядка (скв.306), на склоне ложбины (скв.35).

Резкие колебания уровня верховодки отмечаются лишь в скважине К-308, расположенной непосредственно в переуглублении днища, затапливаемом периодически поверхностными водами. На бортах ложбины с удалением от днища более 15м уровень верховодки остается практически неизменным. Постоянное повышение уровня верховодки происходит на повышенном участке днища ложбины (скв.306).

Наблюдения за кустом режимных скважин, расположенном в переуглублении днища ложбины (рис. 38), показали, что после половодья или поливов в скважине глубиной 9,0 м наблюдается подъем уровня верховодки. В это же время обнаруживается появление воды в скважине глубиной 5м (К-33,4). Более мелкие скважины остаются безводными, несмотря на то, что стояние поверхностных вод около скважины наблюдалось в течение 20-24 дней. После обсыхания переуглубления днища ложбины уровень воды в скважине глубиной 5,0 м начинает опускаться, а в более глубокой (9,0 м) – продолжает подниматься. Затем уровни в обеих скважинах становятся почти на одинаковой глубине и одновременно снижаются. Далее скважина глубиной 5,0 м становится безводной.

В этом опыте фиксируется перетекание верховодки с одного этажа на другой.

Верховодка накапливается на водоупорных слоях и растекается по ним. Инфильтрация непосредственно происходит через очаги застоя поверхностных вод (в углублениях днищ ложбин стока).

Так как переуглубления днищ ложбин составляют не более 10% площади их, то можно представить себе, что питание верховодок чрезвычайно слабое.

Из рассмотренного явствует, что для недопущения обводнения сыртовых глин (образования верховодок) на орошаемых массивах необходимо не допускать застоя поверхностных вод в ложбинах стока.

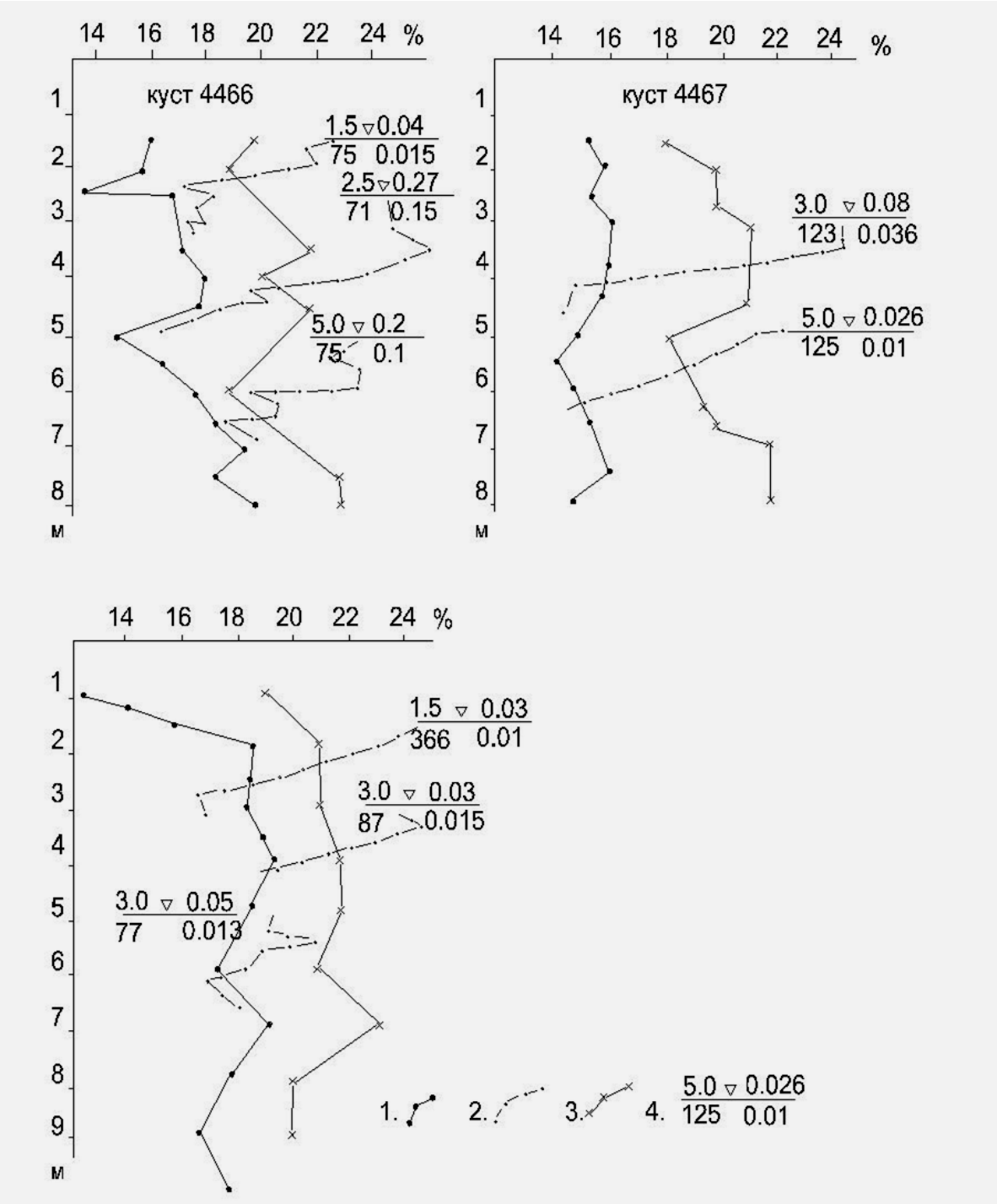


Рис.38 Эпюры влажности сыртовых грунтов на площадках опытных кустовых наливов воды в шурфы (материалы Волгоградского филиала «Гидропроект», 1969): 1 – влажность до налива; 2 – то же, после налива; 3 – предел пластичности; 4 – сведения по наливам: слева в числителе – глубина шурфа, м; в знаменателе – продолжительность опыта в часах; справа в числителе – коэффициент фильтрации в м/сутки по методу Нестерова, в знаменателе – то же, по методу Болдырева.

Обобщение материалов по верховодкам привело нас к мысли проверить сплошность насыщения сыртовых глин непосредственно в контурах естественной верховодки и получить представление о ее мощности. Для поставленной цели нами использован описанный выше метод сравнения эпюр влажности и плотности отложений. В контуре естественной верховодки на новоорошаемых землях Ершовского опытного хозяйства были пройдены скважины в балке овраг Репинский. Соответствующие этим разрезам эпюры приводятся на рис.32. Здесь видно, что высокая влажность глин (We>Wp) отмечается ниже уровня верховодки до глубины 18-24 м. Участку повышенной влажности на эпюрах соответствует участок повышенного значения активной пористости. Глубже плотность глин резко возрастает, а естественная влажность становится меньше предела пластичности. Активная пористость ничтожно мала (1-3%), а местами равна нулю. На эпюрах влажности не фиксируется положение напорного уровня апшеронских вод. Момент достижения скважиной 187 горизонта подсыртовых песков (в данном случае представленного суглинком) обнаруживается по резкому увеличению влажности и активной пористости (глубина 35 м). Очевидно, что относительная сухость глин (We<Wp) под верховодкой обусловлена наличием защемленного воздуха. Отметим, что поднятые образцы относительно сухих пород способны впитывать в себя воду.

Произведенная разведка контуров верховодок позволяет нам отметить следующую последовательность в обводнении сыртовой толщи глин:

1. Водораздел (остов древнего рельефа) – безводные глины, пленочная и преимущественно гигроскопичная влажность.
2. Склоны долин, седловины на водоразделах (пролювиально-делювиальный шлейф) – распространение реликтовой верховодки в

значительной части глубоко залегающей и утратившей непосредственную связь с очагами инфильтрации.

3. Западины, ложбины стока старше 6-го порядка и долины (область накопления молодых пролювиальных отложений) – характеризуются распространением верховодок, имеющих четко выраженную связь с очагами инфильтрации.

4. Очаги инфильтрации – плоские (не наклонные) и переуглубленные части днищ долин, в пределах которых продолжительность инфильтрационного периода достигает нескольких месяцев.

Опробование влажности и плотности сыртовых глин непосредственно в днище долины Репинский овраг сыграло важную роль в отмене проекта профилактического вертикального дренажа на территории орошаемого массива Ершовского ОПХ. Этому проекту предшествовал опытный вертикальный дренаж из 5-ти скважин – дрен, три из которых (2-я, 4-я и 5-я) построены в днище долины Репинский овраг. По оценкам ВНИИГиМ (Решеткина Н.М.) опытная эксплуатация скважин-дрен открывает перспективы применения вертикального дренажа на всей территории Ершовского ОПХ. Однако с точки зрения морфометрических исследований на территории орошаемого массива ОПХ такие перспективы опровергнуты. В самом деле, как показано на продольном профиле по днищу долины Репинский овраг (разрез II-II) и поперечном профиле (разрез I-I) разведочными скважинами 187 и 188 под уровнем долинной верховодки фиксируется естественная влажность сыртовых глин (We) по величине меньшая, чем предел раскатывания (Wp). Дренажная скважина № 4 находится рядом со скважиной 187. Стало совершенно ясно, что верховодка в днище долины не может быть сдренирована откачкой воды из скважины-дрены № 4, так как ниже горизонта верховодки глины безводны (Wc<Wp).

Отмечаем, что бесперспективность вертикального дренажа с точки зрения морфометрического подхода к гидрогеологическим исследованиям очевидна изначально:

– балки в Сыртовом Заволжье суходольны, не дренируют подземных вод;

– наблюдается неповсеместность (избирательность) инфильтрации при орошении почв;

– обнаруживается водоупорность и воздухоупорность глубоких горизонтов сыртовых глин;

– установлена непромываемость сыртовых почво-грунтов при длительном орошении.

Отсюда становится понятно, что во всех тальвегах долин, где проектировалось разместить скважины вертикального дренажа, отсутствует и питание и разгрузка апшеронского водоносного горизонта, так как долины прорезают толщу глин далеко за пределами орошаемого массива. Напорная область для апшеронского водоносного горизонта складывается за счет участков долин, прорезающих толщу сыртовых глин. К ясному представлению о бесперспективности применения вертикального дренажа на основе опыта эксплуатации 5-ти скважин вертикального дренажа прийти невозможно: наблюдательные скважины опытных участков не выходят за пределы контура распространения долинной верховодки, проходка скважин велась с промывкой их водой, опробования влажности и плотности глин в местах размещения наблюдательных скважин не производилось.

Подчеркнем, что для составления достоверного гидрогеологического прогноза очень важно вести наблюдения в морфометрически обоснованных точках полей: рельефом, слабой водопроницаемостью покровных и рельефообразующих отложений определяется водный баланс в них.

Инженерно-геологическая, гидрогеологическая и почвенно-мелиоративная информация (влажность и плотность грунтов, засоленность их, глубина залегания верховодки и уровенный режим ее) очень зависит от положения скважин в рельефе. Даже в днище ложбины также важно определить положение разведочной или наблюдательной скважины, чтобы объяснить гидрогеологическое значение выбранной точки наблюдений. Например, скв.308 и 306 (рис.34) заданы в одной и той же ложбине: скв.308 задана в переуглублении днища, а скв.306 – на плоско-выпуклом участке днища, чем и определяется и глубина залегания верховодки и динамика ее уровня. В переуглублении днища верховодка залегает на глубине 5-8 м, колебания уровня достигают трех метров, на плоско-выпуклом участке днища ложбины уровень залегает на глубине 12,0 м, колебания уровня не превышают 0,5 м. Отсюда ясен и прогноз для всего орошаемого массива: в днищах ложбин возможно переувлажнение почв, но это практического влияния на распространение верховодки не окажет. Ясны и мероприятия по защите почв: препятствовать стоку поливных вод в ложбины, осушение почв в их днищах. Применение систематического дренажа: ни вертикального ни горизонтального здесь не требуется.

Для обоснования проекта Саратовской воднобалансовой станции экспедицией государственного гидрологического института (ГГИ) на территории ОПХ были выполнены опыты по определению фактической водоподачи на поля и было установлено, что водоподача существенно ниже нормативной (проектной). Так на поле люцерны было подано 2300 $м^3$/га за сезон, тогда как норма – 5000 $м^3$/га.

Руководством ОПХ этот факт объясняется с одной стороны тем, что почвы сильно уплотняются и приходится снижать водоподачу, чтобы препятствовать эрозии и заболачиванию почв, а с другой – при большом разборе воды из Саратовского канала уровень воды в нем оказывается ниже уровня водозаборного устройства. Отметим, что хозяйством

достигается достаточно высокий урожай пшеницы, кукурузы, люцерны. На поле люцерны производится 3 укоса. Однако резервы для повышения урожайности сельхозкультур далеко не исчерпаны.

Отметим также, что на территории Саратовской воднобалансовой станции в 1984г. была построена безводная скважина глубиной 51,0 м. Рядом с этой скважиной была пройдена скважина глубиной 60,0 м. Этой скважиной полностью пересечена толща сыртовых глин. Забой скважины был оставлен в горизонте подсыртовых песков (переслаивание пылеватых песков, глин и суглинков). При бурении притока воды в скважину не наблюдалось. Через сутки в скважину стала поступать вода. Уровень воды установился на глубине 47,5 м – на 3,5 м выше уровня безводной скважины. Этот опыт доказывает, что в кровле подсыртовых песков зажат воздух. В 1985г. при строительстве режимных скважин Саратовской ВБС безводная скважина была обсажена трубами и фильтром и включена в состав режимной сети.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ:

1. На базе Саратовских ВУЗов (СГУ, СГАУ, СГТУ) создать гидрогеолого-мелиоративное подразделение и продолжить морфометрические исследования для решения вопросов по защите земель от подтопления и засоления.

2. Ввести в эксплуатацию режимную сеть Саратовской воднобалансовой станции и на ее основе повсеместно создать ключевые морфометрически определенные воднобалансовые участки, вести мониторинг подземных вод и эффективности сельхозпроизводства.

3. Разработать и издать зональную методику гидрогеолого-мелиоративных изысканий и исследований, и руководство по строительству дренажа на оросительных системах, в городах и поселках Саратовской области.

4. Разработать и издать специальную картографическую продукцию, доступную для использования фермерскому и мелкому крестьянскому хозяйству при решении своих воднобалансовых проблем.

5. Выполнить реконструкцию оросительных систем.

В заключение подчеркнем, что земли Саратовского Заволжья расположены преимущественно на выпуклых водораздельных участках местности. Покровные отложения повсеместно глинистые, слабоводопроницаемые и водоупорные. Этими свойствами необходимо правильно воспользоваться при развитии богарного и орошаемого земледелия. Высокая агротехническая подготовка полей, увеличение глубины пашни, регулирование стока и контролируемые поливы – в этом должна заключаться мелиорация земель в Саратовском Заволжье.

Программа

исследований гидрогеологических водно-балансовых и почвенно-мелиоративных условий на оросительных системах с целью повышения эффективности сельхозпроизводства, мероприятий по регулированию водного баланса на богарных и орошаемых землях, инженерной защиты орошаемых земель, сельских и городских территорий Саратовского Заволжья от техногенного подтопления.

№	Виды работ
1	2
1	Обследование режимной сети гидрогеологических скважин на территории Саратовской воднобалансовой станции.
2	Анализ и обобщение материалов гидрогеологической съемки и разведки прошлых лет а) Построение морфометрических карт масштаба 1:10000 на территории оросительных систем в Саратовском Заволжье. б) Камеральная обработка материалов бурения изысканий и исследований прошлых лет с учетом данных исследований на Ершовской опытно-мелиоративной станции, Ершовского ОПХ, Толстовского орошаемого массива, Пугачевской ОС, Балаковской ОС, Энгельской ОС 1-й очереди. в) На основе собранного материала произвести гидрогеолого-мелиоративное районирование Саратовского Заволжья.
3	Запроектировать и построить самотечный комбинированный дренаж на Энгельской ОС 1-й очереди.
4	Запроектировать и построить опытные производственные участки локального неглубокого дренажа по тальвегам ложбин на Приволжской ОС (Северный массив).

5	Разработать и выполнить комплекс опытных мероприятий по регулированию стока на богарных и орошаемых землях в границах бассейнов ложбин разного порядка. Применить широкоборозднную технологию возделывания картофеля для предупреждения паводка на малых реках.
6	Обобщение произведенных опытно-производственных исследовательских работ: а) Издать картографический материал масштаба 1:10000 для широкого использования. б) Разработать методическое руководство по проектированию дренажа на оросительных системах Саратовского Заволжья. в) Разработать типовой проект реконструкции оросительных систем в Саратовской области.

ПРОГРАММА
ВНЕДРЕНИЯ ШИРОКОБОРОЗДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ НА БОГАРНЫХ ЗЕМЛЯХ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

14 октября 1998 г. в типографии Саратовского государственного университета, 3-й Пролетарский поселок, Экспериментальное хозяйство, опубликована статья Худенко М.Н. – доктора сельскохозяйственных наук, профессора СГАУ им. Н.И. Вавилова и Пантелеева В.П. – инженера-гидрогеолога-мелиоратора «О широкобороздной технологии возделывания картофеля» [102].

На предмет реализации этого предложения работа обсуждалась в НИИ Юго-Востока, в управлении «Саратов плодовощторг», в областном комитете по экологии, в Саратовском техническом университете, в Саратовском государственном университете им. Н.Г. Чернышевского.

При положительной оценке технологии организация опытного участка не сложилась: нет соответствующей техники.

В настоящей программе вносится предложение о внедрении широкобороздной технологии возделывания картофеля как мелиоративного мероприятия по регулированию стока с целью снижения паводков на малых реках и предупреждения сноса гумуса с полей.

На водосборах малых рек, где наводнения наносят существенный ущерб населению, предлагается произвести морфометрическую ранжировку бассейнов непосредственно на пахотных полях, определить параметры картофельных полей для полного захвата стока. Конечно, при этом преследуется цель получения высокого урожая качественного картофеля, как это предусматривается технологией его возделывания [102].

Морфометрическая ранжировка водосборов по порядкам ложбин стока позволяет определить оптимальные параметры картофельных полей для задержки стока, что не достигается существующими методами.

Отметим, что технология бороздования предусматривает создание правильной пашни поперек уклона поверхности полей, способной полностью использовать сток для повышения урожайности картофеля и этим самым представляет собой эффективное мероприятие по агротехнической подготовки полей.

Первоочередными задачами являются выполнение картографических и конструкторских работ:

- размещение картофельных полей;

- конструирования специальных технических устройств;

Для бороздования предполагается приспособить щелеватель, используемый при ремонте автодорог.

Настоящей программой предусматриваются работы I-го этапа (подготовительного) в составе которого производится ранжировка водосборов, расчет параметров полей, конструирование технических средств. Состав рабочей группы: инженер-гидрогеолог, инженер-гидролог, инженер-картограф, инженер-геодезист, инженер-конструктор.

Всего предлагается привлечь инженерных работников - 120 человеко-месяцев, научных работников – 12 человеко-месяцев.

Потребность в финансировании определяется укрупненным расчетом:

- 120 чел/месяц х 20 тыс.руб. – 2,4 млн.руб.

- 12 чел/месяц х 30 тыс.руб. – 380 тыс. руб.

- Итого: 2,78 млн.рублей – основной заработной платы.

С учетом накладных расходов и затрат на организационные технические мероприятия общие затраты составят: 2,78 х 4 = 11,04 млн.руб.

На II этапе предполагается организовать работы на опытных участках. Опыты предполагается выполнить на 3-х участках: водосборах 2-го, 6-го и 15-го порядков по монотомической системе В.П. Философова [70,99]. Выполнение этого этапа работ предполагается по специальной программе в 2016-2020 гг.

По каждому опытному участку будут даны, в соответствие с рангом водосбора, экономические, природоохранные, организационно-технические оценки эффективности мероприятий по размещению и использованию картофельных полей.

III-й этап – «Организационно-технический»:

- организация производств, предприятий, учреждений.

Предполагаемые условия финансирования:

I-й этап – бюджет;

II-й этап – бюджет, участие бизнеса;

III-й этап – госзаказы, заказы предприятий, компаний, частных лиц.

Для реализации программы предполагается создание специального центра.

В дальнейшем этот центр может быть использован для научно-технического сопровождения проектно-изыскательских работ по модернизации оросительных систем в соответствии с программой, рассмотренной выше.

Экономическая оценка предложения:

Ожидается, что на II этапе станет возможным решить задачу по снижению стока условной реки на 10 м3/сек. Продолжительность паводка 5 суток. Тогда на полях картофеля будет задержано около 5000000 м3 воды.

При поливной норме 500 м3/га этой водой удастся полить около 10000 га.

При урожайности картофеля 300-500 ц/га, что обеспечивается технологией возделывания, условная прибыль может составлять около 3-5 млрд. рублей/год.

Саратовский университет располагает методикой морфометрических исследований рельефа местности, необходимой для этого картографической продукцией по бассейнам малых рек Саратовской области, готов принять участие в реализации настоящей программы.

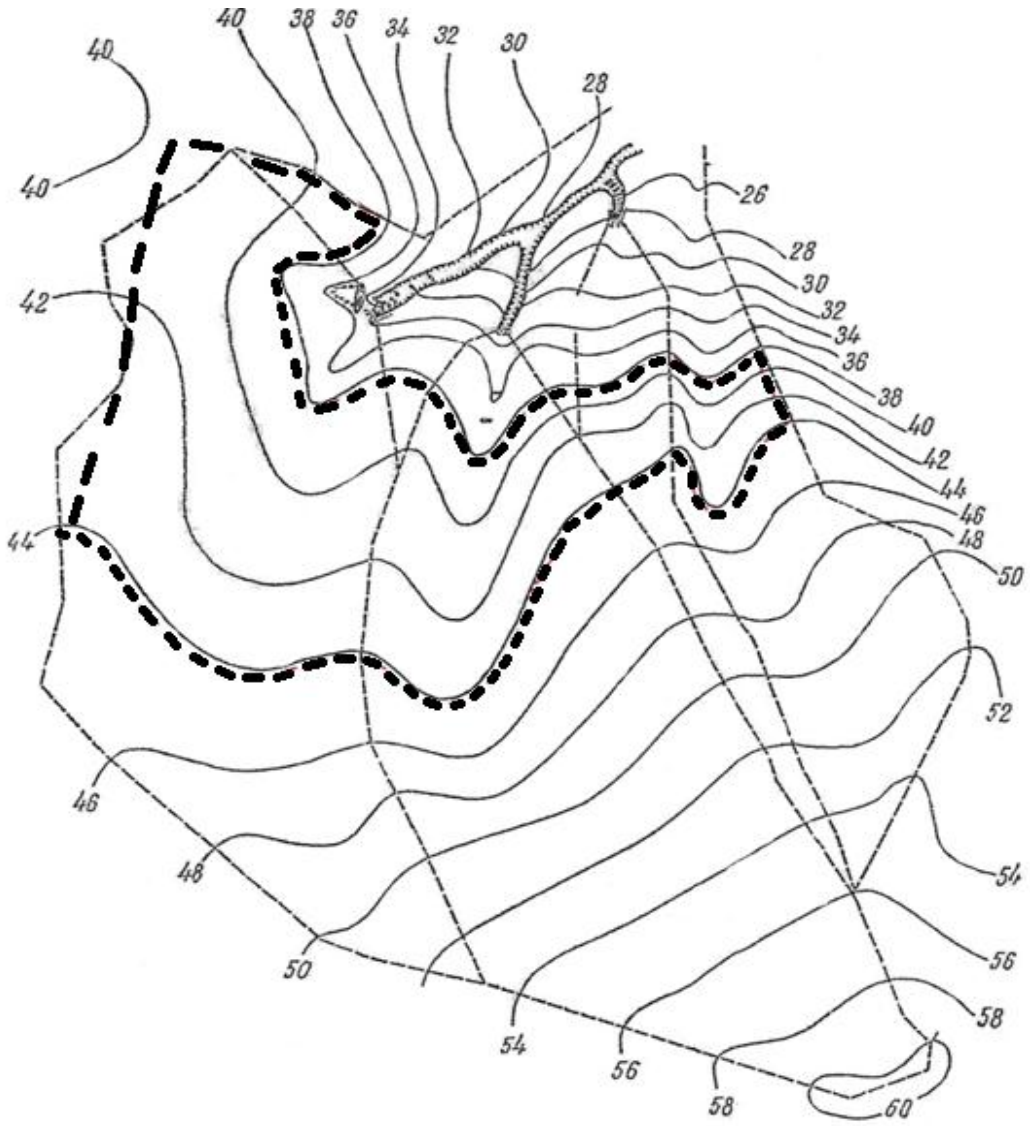


Рис.39. План части оврага «Неизвестный». Масштаб: в 1 см 25 м (противоэрозионные мероприятия по Сус Н.И. и мероприятия по размещению картофельного поля).

Условные обозначения:

- Фашинная запруда
- Плетнёвая запруда
- Терраса, укрепленная фашинами
- Наклонный фашинный лоток с водонаправляющими валами
- Фашинная подпорная стенка
- Плотина
- Контуры проектируемого картофельного поля

В заключение отмечаем, что основная задача программы – природоохранная: защита населенных пунктов от наводнения, защита почв от эрозии. Согласно Сус Н.И. [73] губительной для сельскохозяйственного производства являются ускоренные виды эрозии: плоскостная и струйчатая эрозия.

Наибольшее распространение эти виды эрозии имеют в подножии вогнутых (бухтообразных) склонов. Наиболее эффективно с такими видами эрозии возможно бороться размещением картофельных полей с широкобороздной подготовкой поля перпендикулярно склонам. Борозды должны пересекать и вогнутые и выпуклые участки поверхности поля (ложбины и межложбинные водоразделы). Как показано на рис.39 картофельное поле должно занимать до 1/3 площади водосбора. В таком случае мероприятия по борьбе с линейной эрозией не требуются.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арманд Д.Л. Принципы физико-географического районирования. Изв. АН СССР, серия геогр.,1952, №1. С.68-82.

2. Балаев Л.Г. Особенности инженерно-геологического районирования территорий для целей водохозяйственного строительства. «Материалы межведомственного совещания по мелиоративной гидрогеологии и инженерной геологии. М., 1972, вып.II. С.93-97.

3. Балаев Л.Б. Некоторые особенности режима влажности грунтов зоны аэрации в аридных областях. Материалы межведомственного совещания по мелиоративной гидрогеологии и инженерной геологии. Вып.2, М., 1972. С.27-34.

4. Биндеман Н.Н. Гидрогеологические расчёты подпора грунтовых вод и фильтрации из водохранилищ. М., Углетехиздат, 1951, 51с.

5. Бирюкова А.П. Влияние орошения на водный и солевой режим почв Заволжья. М. Изд-во АН СССР, 1962, 267с.

6. Блэк К.А. Растение и почва. М.: «Колос», 1973, 501с.

7. Ваньшин Ю.В., Пантелеев В.П. О морфометрическом подходе к проведению гидрогеологических исследований на объектах застройки. В сб. Инженерные изыскания в строительстве. Материалы восьмой общероссийской конференции изыскательских организаций. М: ООО «Геомаркетинг». 2012.

8. Ваньшин Ю.В., Мозговой В.В., Юшина З.А. Минералого-геохимическая характеристика и физико-механические свойства Сыртовых отложений Саратовского Заволжья. Фонды Приволжгипроводхоза, Саратов, 1978.

9. Викторов С.В. О геоботанических методах поисков верховодок в засушливых областях. «Разводка и охрана недр», 1959, №10.

10. Викторов С.В. Геоботанические методы поисков подземных вод в засушливых областях Советского Союза. М., госгеолтехиздат, 1961.

11. Вольфцун И.Б. Расчёты элементов баланса грунтовых вод. Л.: Гидрометеоиздат, 1972, 270с.

12. Воскресенский С.С. Геоморфология СССР. М.: Изд-во «Высшая школа», 1968, 367с.

13. Востряков А.В., Зайонец В.Н., Наумов А.Д., Романов А.А., Философов В.П. Геоморфологическое картирование равнин. Изд-во ун-та, 1974, 162с.

14. Всеволожский В.А. К вопросу о формировании разгрузки артезианских вод. В кн.: Вопросы гидрогеол. МГУ, 1973. С.42-62.

15. Герасимов И.П. Структурные черты рельефа земной поверхности на территории СССР и их происхождение. М.: Изд-во АН СССР, 1959 100с.

16. Герасимов И.П. Рельеф Земли (морфоструктура и морфоскульптура). М.: Наука, 1967, 334с.

17. Гидрогеологическое районирование орошаемых земель для бурения скважин вертикального дренажа. «Разведка и охрана недр», 1964, №8.

18. Гиринский Н.К. Некоторые вопросы динамики подземных вод. «Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии», 1947, №9, 102с.

19. Глобус А.М. Экспериментальная гидрофизика почв. Л. 1969, 355с.

20. Дерягин Б.В. Учение о свойствах тонких слоев воды в приложении к объяснению свойств глинистых пород. Труды совещания по инженерно-геологическим свойствам горных пород и методом их изучения, 1956, т.1. С.45-48.

21. Дмитриевский Ю.Д. О физико-географическом районировании и районировании природных ресурсов. Изв. ВГО, 1962, т.94, вып.2. С.159-167.

22. Дуванский М.Г., Дуванская Р.Н., Гусев Н.И. и др. Гидрогеологические и инженерно-геологические условия северо-восточной части Ершовской оросительной системы (отчёт по результатам гидрогеологической и инженерно-геологической съёмки четвертичных отложений масштаба 1:50000). Фонды Второго гидрогеологического Управления, г.Александров, 1975.

23. Дудин-Барковский Л.В. Физико-географические основы ирригации. М., 1976, 299с.

24. Егоров В.В. Принципы оценки почв и районирование земель в мелиоративных целях. В кн. Проблемы почвоведения. М. «Наука», 1978. С.132-137.

25. Звонкова Т.В. Принципы и методы регионального географического прогнозирования. Вестн. МГУ, сер. геогр., 1972, №4. С.19-25.

26. Зеленой А.И. О морфологическом способе изучения и картирования подземного стока в реки Нижнего Приамурья. Труды Гидрогеол. ин-та, вып.166, 1969. С.161-170.

27. Зиновьева Л.Е. Об учёте некоторых морфометрических характеристик при оценке ресурсов подземных вод бассейна Лены. Изв. ВУЗ, геология и разведка, 1971, №2. С.71-82.

28. Зольников В.Г. Отчёт по теме: «Изучить изменение мелиоративного состояния и природу солепереноса в почво-грунтах Низкой Сыртовой равнины под влиянием орошения в целях выработки мероприятий, не допускающих вторичное засоление почв при орошении, а повышающих эффективность орошения». Фонды ВОЛЖНИИГиМ, г.Энгельс, 1977.

29. Игнатович Н.К. Зональность, формирование и деятельность подземных вод в связи с развитием геоструктур. Вопр. Гидрогеол. И инж. Геол. Сб.13. М.:Госгеолтехиздат. С.6-22.

30. Инструкция по исследованию строительных свойств грунтов. Приложение к полевой лаборатории ПЛЛ-9. Харьковская типография, №17, 1970, 38с.

31. Исследования подземного стока. Под ред. О.В. Попова. Л., Гидрометеоиздат, 1975, 136с. (Тр. Гидрологического ин-та, вып.226).

32. Каменский Г.Н. и др.Проблемы формирования подземных вод по материалам трудов лаборатории гидрогеологических проблем, т.1.-Тр. ЛГГП им.Ф.П. Саваренского, т.II. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1949. С.81-91.

33. Каменский Г.Н. Основы динамики подземных вод. Ч.2. Изд. ОНТИ НКТП СССР. 1935.

34. Кац Д.М. Контроль режима грунтовых вод на орошаемых землях. М. «Колос», 1967, 183с.

35. Кац Д.М., Маслов Б.С. Методические указания по гидрогеологическому районированию переувлажнённых земель гумидной зоны для целей сельскохозяйственных мелиораций. М. ВСЕГИНГЕО, 1967.

36. Кац Д.М., Основы геологии и гидрогеология. М. «Колос», 1981, 351с.

37. Кац Д.М. Влияние орошения на грунтовые воды. М. «Колос», 1976, 271с.

38. Климентов П.П. Методика гидрогеологических исследований. М. «Высшая школа», 1967, 424с.

39. Ковда В.А. Проблемы использования и мелиорации степных земель. «Степные просторы» №8, г.Саратов, 1980. С.5-9.

40. Коноплянцев А.А., Семёнов С.М. Прогноз и картирование режимов грунтовых вод. М. «Недра», 1974, 214с.

41. Косова Л.А. Разработка режима орошения сельскохозяйственных культур (озимой и яровой пшеницы, кукурузы и люцерны) для III очереди орошения на базе Саратовского канала. Фонды ВолжНИИГиМ, г.Энгельс, 1977.

42. Костин И.С. Использование грунтовых вод при орошаемом земледелии. «Почвоведение», 1978, №11. С.94-102.

43. Костяков А.Н. Учёт динамики водного баланса, как основы системы мероприятий по борьбе с засолением в орошаемых районах. Тр. ВАСХНИЛ, 1947, вып.24.

44. Кривоносова Е.Б., Попова В.Б. Естественные ресурсы подземных вод Сурско-Хоперского и Прикаспийского артезианских бассейнов. В сб.: Вопросы геоморфологии Поволжья, вып. 2 (5). Изд-во Саратов ун-та, 1978. С.94-106.

45. Куделин Б.И. Принципы региональной оценки естественных ресурсов подземных вод. М.: Изд-во Московского университета, 1960, 344с.

46. Кулаков Н.В., Костин Б.И. Прогноз образования Верховодки в зоне влияния Саратовского канала (Сыртовое Заволжье). ВолжНИИГиМ, Энгельс, 1975.

47. Ланге О.К., Основы гидрогеологии. Изд-во Московского университета, 1958, 253с.

48. Ларионов А.Г. Методы исследования структуры грунтов. М.: «Недра», 1971, 198с.

49. Лебедев А.В., Ярцева Е.Н. Оценка питания и баланса грунтовых вод. М.: «Недра», 1967, 172с.

50. Лебедев А.Ф. Почвенные и грунтовые воды. М.: Изд-во АН СССР, 1936, 216с.

51. Личков Б.Л. К вопросу о значении местных базисов эрозии в гидрогеологии. М. Тр. ЛГГП им. Ф.П. Саваренского, т.III, 1948. С.19-27.

52. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. М.: «Недра», Л., 1970. С.325-392.

53. Лютин Д. «Дренаж сельскохозяйственных земель». Перевод с английского под общей редакцией академика ВАСХНИЛ Аверьянова С.Ф. Издательство «Колос», М., 1964. С.471-541.

54. Макаренко Ф.А. О закономерностях подземного питания рек. ДАН СССР, новая серия, 1947, т.57, №5. С.485-488.

55. Макаренко Ф.А. Некоторые результаты изучения подземного стока. Тр. ЛГГП им. Ф.П. Саваренского, т.1. М.: Изд-во АН СССР, 1948. С.51-66.

56. Макаренко Ф.А. О подземном питании рек. Тр. ЛГГП им. Ф.П. Саваренского, т.1. М.: Изд-во АН СССР, 1948. С.67-71.

57. Материалы межведомственного совещания по мелиоративной гидрогеологии и инженерной геологии. М., 1972, вып.I, ч.I. С.286.

58. Медведев В.П., Пантелеев В.П. Особенности орошения и мелиорации почв Низкой Сыртовой равнины. «Почвоведение», 1976, №2. С.120-127.

59. Методическое руководство по гидрогеологической съёмке. Госгеолтехиздат. М.1961, 317с.

60. Методическое руководство по изучению и геологической съёмке четвертичных отложений. М. Госгеолтехиздат. 1954, ч.I, 301с.

61. Методические указания по гидрогеологической съёмке на закрытых территориях в масштабах 1:500 000; 1:200 000; 1:50 000. М. «Недра», 1968, 176с.

62. Методическое руководство по гидрогеологическим и инженерно-геологическим исследованиям для мелиоративного строительства. Вып.I. М.: Изд-во «Знание», 1972. С.9-133.

63. Мильков Ф.Н. Ландшафтная сфера земли. М. «Мысль», 1970. 206с.

64. Мокшин А.А., Шванский П.П., Мокшина Ю.А. и др. Гидрогеологические и инженерно-геологические условия северно-западной части Ершовской оросительной системы (отчёт по результатам гидрогеологической и инженерно-геологической съёмки четвертичных отложений масштаба 1:50000). Фонды Второго гидрогеологического Управления, г.Александров, 1975.

65. Морозов В.А. Костин Б.И. Геологическое строение, гидрогеологические условия места. М-38-V. Фонды НВТ ГУ. Саратов, 1969.

66. Нерпин С.В. Равновесие пленочной и стыковой влаги в глинистых грунтах. Изд-во АН СССР, ОТИ, 1955, №5. С.50-54.

67. Нерпин С.В., Чудновский А.Ф. Энерго- и массо-обмен в системе растение-почва-воздух. Гидрометеоиздат, 1975. С.97-147.

68. Овчинников А.М. Общая гидрогеология. Изд. 2-е, М., Госгеолтехиздат, 1955, 382с.

69. Панин п.с. Процессы солеотделения в промываемых толщах почв. Изд-во «Наука». Сибирское отделение. Новосибирск, 1968, 50с.

70. Пантелеев В.П. О применении морфометрических карт для оконтуривания верховодок в Сыртовом Заволжье. В сб.: Вопросы геоморфологии Поволжья. Вып. 2 (5). Изд-во Саратов ун-та, 1978. С.107-115.

71. Пантелеев В.П. О безводности толщи сыртовых глин на главных водоразделах Низкой Сыртовой равнины. В сб. трудов СГУ. Саратов. 1983.

72. Пантелеев В.П., Ваньшин Ю.В. Гидрогеологический прогноз при орошении земель в Сыртовом Заволжье на основе нетрадиционного метода проведения опытно-фильтрационных работ. Журнал «Недра Поволжья и Прикаспия». Вып. 77. Февраль 2014 г. С. 15-23.

73. Пантелеев В.П., Ваньшин Ю.В. Программа внедрения широкобороздной технологии возделывания картофеля на богарных

землях Саратовской области. В сб. статей IV Международной научно-практической конференции. Саратов 2015. С. 104-107.

74. Пантелеев В.П., Фисенко Б.В., Афонин В.В. К вопросу техногенного подтопления территории г. Саратова. В сборнике научных работ «Основы рационального природопользования». Издательство ФГОУ «Саратовский Гау им. Н.И. Вавилова», Саратов,2007. С. 79,80.

75. Пантелеев В.П. О мониторинге подземных вод на территории г. Саратова. Материалы общероссийской конференции изыскательских организаций. М: ООО «Геомаркетинг»,2011. С. 190,191.

76. Пантелеев В.П. Прогноз изменения гидрогеологических условий при длительном орошении каштановых почв Сыртового Заволжья. Научный журнал КУБГАУ, № 74(10), 2011.

77. Пантелеев В.П., Нехорошков В.Ф. Рекомендации по дренажу на орошаемом участке площадью 1160га в колхозе им.К.Маркса Балаковского района Саратовской области. Фонды Приволжгипроводхоза, Саратов, 1981.

78. Пантелеев В.П. Изучение водного баланса на Энгельсской оросительной системе 1-й очереди строительства в Саратовской области. Фонды Приволжгипроводхоза, Саратов, 1982.

79. Пантелеев В.П. Применение морфометрии для типизации долин по способности удерживать воду водохранилищ. В сб.: Вопросы геоморфологии Поволжья. Вып.1 (4). Изд-во Саратов ун-та, 1977. С.113-127.

80. Пантелеев В.П., Карпов В.Г., Пролеткин И.В. Морфометрические исследования рельефа на территории г.Саратова при разработке проекта расширения сети режимных скважин для мониторинга подземных вод. В сб. Труды Саратовского научного центра жилищно-коммунальной Академии РФ (вып.1). Саратов, 1997. С.138-148.

81. Пантелеев В.П. Об оценке структурной неоднородности слабоводопроницаемых почво-грунтов. В сб. Труды Саратовского научного центра жилищно-коммунальной Академии РФ (вып.1). Саратов, 1997. С.149-161.

82. Пантелеев В.П. Принципы размещения режимных гидрогеологических скважин на орошаемых землях в условиях Сыртового Заволжья. В сб. Труды государственного ордена Красного Знамени гидрологического института. Вып. 316. Вопросы мелиоративной гидрогеологии. Л. Гидрометеоиздат. 1987. С.88-101.

83. Пашковский И.С., Шестаков В.М. О принципах гидрогеологической схематизации для обоснования фильтрационных расчётов на массивах орошения. Вестси МГУ, сер. Геология, 1968, №2, С.36-43.

84. Пиотровский В.В. Геоморфология с основами геологии. Геодезиздат, 1961, 263с.

85. Роговская Н.В. Методика гидрогеологических и инженерно-геологических исследований на массивах орошения. Гос.науч.техн. изд-во литературы по геологии и охране недр. М., 1956, 132с.

86. Роговская Н.В. Анализ многолетних наблюдений за режимом подземных вод на примере Туркменской гидрогеологической станции. «Советская геология», №12, 1964.

87. Роде А.А. Основы учения о почвенной влаге. Л.: Гидрометеоиздат, 1965, 664с.

88. Саваренский Ф.П. Гидрогеологический очерк Заволжья. Избранные сочинения. Изд. АН СССР, 1950.

89. Седайкин В.М. Отчёт о результатах комплексной инженерно-геологической и гидрогеологической съёмки масштаба 1:50000 на территории Межузенской оросительной системы. Фонды Приволжгипроводхоз. Саратов, 1970.

90. Седайкин В.М., Самсонов В.Ф. Отчёт о результатах комплексной инженерно-геологической и гидрогеологической съёмки масштаба 1:50000 на территории Межузенской оросительной системы. Фонды НВТГУ. Саратов, 1970.

91. Семихатов А.Н. Гидрогеология. М., Сельхозгиз, 1954, 326с.

92. Силин-Бекчурин А.И. М. Специальная гидрогеология. М. Госгеолтехиздат, 1951, 394с.

93. Скабалланович И.А., Седенко М.В. Инженерная геология, гидрогеология и осушение месторождений. М. Углетехиздат, 1955, 266с.

94. Справочник по инженерной геологии. Изд-во «Недра», М., 1974, 403с.

95. Справочное руководство гидрогеолога. Изд-во «Недра», Л., 1967, т.1, 569с., т.2, 348с.

96. Спиридонов А.И. Основы общей методики полевых геоморфологических исследований. Ч.III, вып.2. Изд. МГУ, 302с.

97. Угланов И.Н. Морфометрические показатели естественной дренированности территории (на примере Кемеровской области и Кулунды). В сб. Инженерно-географические проблемы при строительстве в Сибири. Л.: 1975. С.22-28.

98. Философов В. П. Краткое руководство по морфометрическому методу поисков тектонических структур. Издательство Саратов ун-та, 1960, 90 с.

99. Философов В. П. О значении порядков долин и водораздельных линий при геолого-географических исследованиях.- Сб. Вопросы морфометрии, вып-2. Издательство Саратов ун-та, 1967. С. 4-63

100. Философов В. П. Основы морфометрического метода поисков тектонических структур. Издательство Саратов ун-та. 1975, 232с.

101. Философов В.П. Пантелеев В.П. Методы морфометрии для решения гидрогеологомелиоративных задач. М. Гидротехника и мелиорация, 1983, №9. С.21-24.

102. Худепко М.Н., Пантелеев В.П. О широкобороздной технологии возделывания картофеля СГАУ им. Н.И. Вавилова, Саратов, 1998. С.1-3.

103. Чубаров В.Н. Питание грунтовых вод песчаной пустыни через зону аэрации. М.: Изд-во «Недра», 1972, 127с.

104. Чувелев А.Н. Морфометрический метод определения глубины залегания первого от поверхности водоносного горизонта и составление карты гидроизогипс. В кн.: Вопросы морфометрии. Вып.2 Изд-во Саратов ун-та, 1967. С.320-324.

105. Швецов П.Ф., Коноплянцев А.А., Швец В.М. Современное содержание, основные направления и организационные формы развития гидрогеологии в СССР. Изв. АН СССР. Серия геол., 1973, №2. С.56-66.

106. Шейко С.Н. Опыт разработки карты оценки природных условий для орошения сельскохозяйственных земель. В кн.: Мелкомасштабные карты оценки природных условий. М., 1970. С.73-80.

107. Шестаков В.М. Динамика подземных вод. М., Изд-во МГУ, 1973, 334с.

108. Шишков К.Н. Опыт применения тензиометра-влагомера в гидрогеолого-мелиоративных исследованиях. В кн.: Материалы межведомственного совещания по мелиоративной гидрогеологии и инженерной геологии. Вып.1, ч.1, М., 1972. С.126-130.

109. Шляпников А.А. О содержании комплексных инженерно-географических карт. Изв. ВГО, 1974, т.106, вып.4. С.265-273.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие……..…..... 3

ГЛАВА 1. Методика изучения гидрогеологических условий объектов с помощью морфометрического анализа рельефа……..……8

1.1. Краткая геоморфологическая и геолого-литологическая характеристика района исследований…….10

1.2. О классификации элементов рельефа…….23

1.3. Схематизация гидрогеологических условий…… 30

1.3.1. Вариант региональной схематизации гидрогеологических условий…….. 32

1.3.2 Вариант локальной схематизации гидрогеологических условий…….. 39

1.4. Методика отбора участков долин по способности удерживать воду водохранилищ……46

1.5. Методика картирования верховодки в Сыртовом Заволжье……62

1.6. Методика изучения инфильтрации на оросительных системах в Сыртовом Заволжье…….. 69

1.7. Методика мониторинга подземных вод на оросительных системах…… 81

1.8. Методика фильтрационных исследований рельефообразующих почво-грунтов……91

1.9. Методика регулирования стока посредством широкобороздной технологии возделывания картофеля……104

1.10. Методика выяснения условий подтопления и суффозии в селитебной зоне г.Саратова……107

ГЛАВА 2. Прогноз изменения гидрогеологических условий при длительном орошении каштановых почв Сыртового Заволжья……. 112

ГЛАВА 3. Опыты изучения образования и распространения верховодки на орошаемых землях в Сыртовом Заволжье……128

3.1 Сведения о режиме верховодки на староорошаемом массиве Ершовской опытно-мелиоративной станции……130

3.2 Изучение условий инфильтрации на новоорошаемых землях Ершовского опытного хозяйства (ОПХ)……...147

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ…….. 172

Программа внедрения широкобороздной технологии возделывания картофеля на богарных землях Саратовской области…….175

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ……. 181

В.П. Пантелеев

МЕТОДЫ МОРФОМЕТРИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ГИДРОГЕОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНЫХ ЗАДАЧ

САРАТОВ
ФГОУ «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова»
2016