

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

На правах рукописи



Егоров Тимофей Сергеевич

**ФОРМИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА РЕСУРСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД
ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ПЕЧОРСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА**

Специальность 1.6.6 – Гидрогеология

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Научный руководитель:
к.ф.-м.н. Беляев А.Ю.

Москва – 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ РЕГИОНАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ РЕСУРСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД	11
1.1. Понятия и определения	11
1.2. Нормативно-правовое регулирование вопросов, связанных с прогнозными ресурсами подземных вод	16
1.3. Общепринятые научно-методические основы региональной оценки прогнозных ресурсов подземных вод	21
1.4. Современное состояние ресурсов подземных вод в пределах восточной части Печорского артезианского бассейна.....	28
ГЛАВА 2. ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ УСЛОВИЯ, ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОЕ И ГЕОЛОГО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ПЕЧОРСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА	36
2.1. Физико-географический очерк восточной части Печорского артезианского бассейна	36
2.2. Экологические последствия антропогенного воздействия на территории восточной части Печорского артезианского бассейна	47
2.3. Особенности картирования и генетической интерпретации четвертичных отложений восточной части Печорского артезианского бассейна	50
2.3.1. Проблема картографирования северного плейстоцена.....	50
2.3.2. Основные принципы гидрогеологической стратификации.....	55
2.3.3. Стратиграфия.....	67
2.3.4. Геокриологические условия.....	73
2.3.5. Гидрогеологические условия.....	75

2.4. Влияние выбора концепции осадконакопления северного плейстоцена на оценку ресурсов подземных вод.....	87
ГЛАВА 3. СОЗДАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТРУКТУРИРОВАННОГО ФОНДА ГЕОЛОГО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ РЕСУРСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД.....	96
3.1. Понятия и определения	96
3.2. Современные проблемы представления гидрогеологической информации и пути решения	98
3.3. Основные положения структурированного фонда геолого-гидрогеологической информации (СФГИ).....	104
3.4. Критерии отбора информации и источники ее получения.....	107
3.5. Картографический фонд как основа выделения перспективных гидрогеологических подразделений для оценки прогнозных ресурсов подземных вод	110
3.6. Фактографический фонд как основа формирования базы модели необходимыми параметрами	112
3.7. Результаты применения структурированного фонда геолого-гидрогеологической информации при оценке прогнозных ресурсов подземных вод восточной части Печорского артезианского бассейна.....	116
ГЛАВА 4. РЕГИОНАЛЬНАЯ ОЦЕНКА РЕСУРСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД УСИНСКОГО РАЙОНА (ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ПЕЧОРСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА).....	118
4.1. Обоснование выбора расчетной схемы	118
4.2. Оценка перспективных ресурсов подземных вод Усинского района	120
4.2.1. Моделирование геофильтрации и численный метод	121
4.2.2. Геофильтрационная схематизация и формирование модели	124
4.2.3. Решение обратной задачи.....	128

4.2.4. Решение прогнозных задач и анализ полученных результатов .	136
4.2.5. Оценка ущерба речному стоку	143
4.3. Оценка потенциальных ресурсов подземных вод Усинского района	144
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	148
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	151

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования

В настоящее время изучение закономерностей формирования и региональная оценка ресурсов подземных вод является одним из основных видов исследований, выполняемых при мелкомасштабной гидрогеологической съемке и картографировании. Такие исследования широко проводятся на территории Российской Федерации. В то же время ряд вопросов, связанных с закономерностями формирования ресурсов подземных вод в пределах восточной части Печорского артезианского бассейна (АБ), проработан относительно слабо. Региональная оценка ресурсов подземных вод в исследуемом районе позволит обеспечить возрастающие потребности населения в питьевой воде [102], а также потребности промышленности, технологические процессы которой тоже рассчитаны на использование качественных, защищенных и стабильных по составу вод.

Учитывая, что развитие нефтедобычи в пределах восточной части Печорского АБ характеризуется интенсификацией работ по повышению нефтеотдачи пластов разрабатываемых месторождений и применением новейших технологий добычи [17], для исследуемой территории требуется детальное изучение ресурсов подземных вод на участках, уже имеющих соответствующую инфраструктуру и находящихся непосредственно рядом с водопотребителем. Такая оценка ресурсов подземных вод позволит учитывать возможность увеличения запасов на разведанных или оцененных месторождениях подземных вод, количество которых в восточной части Печорского АБ за последние 20 лет увеличилось более чем в 5 раз.

Цели и задачи исследования

Основная цель исследования – региональная оценка прогнозных ресурсов подземных вод четвертичных образований в пределах восточной части Печорского АБ (Усинский район) в условиях распространения многолетнемерзлых пород с помощью численной модели.

Для достижения поставленной цели последовательно выполнялись следующие задачи:

1. Сбор, анализ и обобщение фондовой и опубликованной информации о геологическом строении, гидрогеологических и геокриологических условиях, результатах ранее выполненных геологоразведочных работ на подземные воды, месторождениях (участках) и водозаборах подземных вод, действующих схемах стратификации гидрогеологических подразделений.

2. Разработка структуры хранения и обработки первичных данных, включающей необходимый состав и объем информации, формы ее введения и программные решения, обеспечивающие связь с картографическими материалами.

3. Расчленение геологического разреза четвертичных образований, создание для них единой схемы гидрогеологической стратификации.

4. Построение исходной гидрогеологической схемы: выявление пространственной структуры потоков подземных вод; условий их питания, движения и разгрузки; взаимосвязи подземных и поверхностных вод; установление взаимосвязи распространения многолетнемерзлых пород и подземных вод.

5. Анализ условий формирования и распространения ресурсов подземных вод.

6. Построение региональной гидрогеодинамической модели: геофильтрационная схематизация исходной гидрогеологической модели и ее верификация по данным существующего («сложившегося») состояния.

7. Региональная оценка ресурсов подземных вод: выполнение серии прогнозных решений и анализ пространственного распределения модулей подземного стока и балансовой структуры фактически существующего и перспективного эксплуатационного водоотбора.

Научная новизна выполненного исследования заключается в разработке принципов гидрогеологического расчленения разреза четвертичных образований, определении условий формирования и прогнозных оценках ресурсов подземных вод межпластового чирвинского водоносного горизонта восточной части

Печорского АБ. Предложены критерии при выборе размера расчетного блока для оценки прогнозных ресурсов подземных вод в зависимости от схемы эксплуатации.

Практическая значимость исследования заключается в изучении и определении количественных характеристик подземного стока, позволяющих обеспечить успешное решение народнохозяйственных задач, связанных с использованием водных ресурсов, целенаправленным управлением подземным стоком, прогнозированием развития минерально-сырьевой базы в части подземных вод с учетом оценки ущерба речному стоку при перспективном водоотборе на исследуемой территории. Результаты получены впервые и детализируют предыдущие региональные исследования.

Методика исследований

В отношении методов исследования для решения поставленных задач потребовалась в первую очередь трудоемкая работа по накоплению и систематизации исходной информации. Выполнен сбор, анализ и интерпретация основных результатов гидрогеологических работ последних десятилетий по территории Печорского АБ. Создана картографическая и фактографическая база исследуемой площади, основанная на опубликованной и фондовой геологической информации. Выполнено гидрогеологическое расчленение разреза на обособленные водоносные и слабопроницаемые толщи при различных концепциях осадконакопления в четвертичной геологии. Создана единая гидрогеологическая стратификация разреза четвертичных образований, являющаяся основой достоверной оценки условий обводненности геологического пространства, установления и изучения гидрогеодинамической, гидрогеохимической и гидрогеотермической зональности.

Основное содержание работы заключается в оценке перспектив расширения использования подземных вод для нужд питьевого, хозяйственно-бытового и технического водоснабжения территории Усинского района Республики Коми. С этой целью разработана и откалибрована численная гидрогеодинамическая модель восточной части Печорского АБ, на которой выполнены прогнозные расчеты

предельной нагрузки на эксплуатируемые месторождения распределенного фонда недр.

Личный вклад автора

В работе использованы материалы, полученные автором ранее при выполнении полевых исследований в рамках работы по созданию комплекта гидрогеологических карт Печорского артезианского бассейна масштаба 1:1 000 000 (ВСЕГИНГЕО, 2016 г.). Автором обобщены и проанализированы фондовые материалы поисково-оценочных и разномасштабных съемочных работ, изучен опыт эксплуатации освоенных месторождений подземных вод. Автором разработан универсальный структурированный фонд геолого-гидрогеологической информации (СФГИ), который применен как в полистной Государственной гидрогеологической съемке, так и в тематических работах по созданию карт гидрогеологических структур (Печорский АБ). Помимо этого, СФГИ использован для создания гидрогеодинамической модели Усинского района. Применение подобных информационных систем для различных региональных работ является достаточно новым.

По результатам проведенных исследований сформулированы следующие **защищаемые положения:**

1. Выбор концепции осадконакопления в четвертичной геологии определяет гидрогеологическую стратификацию и гидрогеологические параметры, используемые для оценки ресурсов подземных вод (инфильтрационное питание, допустимое понижение, проводимость). Разработанные принципы гидрогеологического расчленения разреза четвертичных образований, основанные на гляциолистической концепции осадконакопления, позволили создать единую гидрогеологическую стратификацию Печорского артезианского бассейна и предварительно оценить фильтрационные характеристики гидрогеологических подразделений.

2. Разработанный структурированный фонд геолого-гидрогеологической информации позволяет систематизировать разнородный фактический материал при его разном исходном качестве и может использоваться для решения задач

регионального гидрогеологического картографирования, а также являться основой геофильтрационной схематизации гидрогеодинамических моделей.

3. Оценку прогнозных ресурсов подземных вод регионов интенсивного развития целесообразно осуществлять на уже разведанных участках недр. Выполненная на разработанной гидрогеодинамической модели оценка прогнозных ресурсов подземных вод в перспективно развивающемся Усинском районе (восточной части Печорского артезианского бассейна) показала, что на участках эксплуатируемых месторождений подземных вод возможно наращивание запасов более чем в 13 раз по сравнению с утвержденными.

Апробация работы

Результаты проведенных исследований, основные положения и проблемы, рассматриваемые в диссертационном исследовании, изложены в 11 публикациях, в том числе в 5 статьях в рецензируемых научных журналах, 3 из которых в изданиях, рекомендованных для защиты в МГУ имени М.В. Ломоносова.

Научные и практические результаты работы над диссертацией докладывались и обсуждались на всероссийских и международных конференциях:

– I (заочный) и II (очный) тур V Всероссийского конкурса научно-исследовательских работ студентов и аспирантов вузов России по техническим, естественным и гуманитарным наукам «Шаг в науку» (Томск, ТПУ, 2020-2021 гг.). Работа отмечена комиссией дипломом I степени (заочный тур) и дипломом (очный тур);

– XV Международная научно-практическая конференция «Новые идеи в науках о Земле» (Москва, МГРИ, 2021 г.);

– XXVIII Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов 2021» (Москва, МГУ, 2021 г.);

– Всероссийская конференция и выставка с международным участием и участием стран СНГ по поиску, разведке и эксплуатации подземных вод «Гидрогеология 2021» (Санкт-Петербург, 2021 г.);

– X Международная научная конференция молодых ученых «Молодые - Наукам о Земле» (Москва, МГРИ, 2022 г.);

– XVI Международная научно-практическая конференция «Новые идеи в науках о Земле» (Москва, МГРИ, 2023 г.).

Структура и объем работы

Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав с разделами и подразделами и заключения. Общий объем работы составляет 168 страниц, включая 45 рисунков, 12 таблиц и список литературы из 160 наименований.

Благодарности

Автор выражает особую благодарность своему научному руководителю А.Ю. Беляеву за неоценимую помощь и ценные советы на всех этапах выполнения работы. Автор считает своей приятной обязанностью выразить благодарность коллективам ФГУП «ВСЕГИНГЕО» и ФГБУ «Гидроспецгеология» за плодотворную совместную работу. Особую признательность и благодарность автор выражает Е.Ю. Потаповой, Р.И. Плотниковой и Ю.Б. Челидзе за многолетнее руководство и возможность профессионального развития, а также за необходимые советы на профессиональном и научном пути. Результаты исследований поддерживались грантом РФФИ 19-35-90018. Автор глубоко признателен своей супруге за всестороннюю поддержку и помощь на протяжении всего времени работы над диссертационным исследованием.

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ РЕГИОНАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ РЕСУРСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

1.1. Понятия и определения

Развитие современной науки предъявляет все больше требований к исследованиям проблемы ресурсов подземных вод. Поскольку ресурсы пресных поверхностных вод ограничены в пространстве и времени и легко подвержены загрязнению, принявшему в ряде развитых промышленных стран большие размеры, в настоящее время вопросы крупного водоснабжения решаются в значительной степени за счет подземных вод. Кроме того, все возрастающие потребности населения в питьевой воде, а также потребности промышленности, технологические процессы которой тоже рассчитаны на использование качественных, защищенных и постоянных по составу вод, ставят со всей остротой вопрос о ресурсах подземных вод.

Подземные воды с одной стороны должны рассматриваться как полезное ископаемое, так как являются неотъемлемой частью недр. С другой стороны, подземные воды являются неотъемлемой частью водных ресурсов, так как представляют одновременно элемент природы важный для жизнедеятельности человека. Таким образом, статус подземных вод можно определить на стыке двух направлений, которые закрепляются в различающихся нормативно-правовых документах. При этом понятия запасы и ресурсы активно используются как при изучении поверхностных вод, так и полезных ископаемых (твердых, нефти и газа). Межотраслевой статус подземных вод связан в первую очередь с их основными особенностями, которые необходимо учитывать при оценке перспектив их использования:

1. Подземные воды характеризуют количество воды, находящейся в гидрогеологическом подразделении. Подземные воды – исключительное полезное ископаемое, характеризующееся его возобновляемостью. В процессе эксплуатации подземных вод происходит не только их расходование, но и дополнительное формирование эксплуатационного водоотбора, которое может быть вызвано за счет: поверхностных вод, подземных вод смежных гидрогеологических

подразделений, уменьшения испарения подземных вод при понижении уровня [34], водохозяйственных мероприятий – орошение, строительство, закачка и др.

2. Подземные воды характеризуют количество воды, поступающей в гидрогеологическое подразделение. Полезное ископаемое «подземные воды» тесно взаимосвязано с природной средой и заключается в его «быстрой» подвижности. Эта взаимосвязь отчетливо прослеживается в зоне активного водообмена и отражается в граничных условиях в плане и разрезе. Взаимосвязь поверхностных и подземных вод, условия питания и разгрузки последних во многом определяют возможность их эксплуатации, в то время как влияние природной среды на другие полезные ископаемые проявляется лишь в течение длительного геологического времени.

3. Подземные воды характеризуют количество воды, которое может быть рационально в технико-экономическом отношении отобрано при заданных ограничениях. Рациональный водоотбор зависит не только от количества запасов и питания подземных вод, но и от фильтрационных свойств гидрогеологического подразделения, определяющих сопротивление при движении подземных вод к водозаборным сооружениям, возникающих межгоризонтных перетоках и других факторов. Существенные различия эксплуатации подземных и поверхностных вод принципиально отличает их друг от друга.

Особенности подземных вод не позволяют однозначно отнести их к той или иной части: недр или водных ресурсов. Если рассматривать подземные воды как полезное ископаемое, то предпочтителен геологический термин – запасы, который в первую очередь характеризует некий объем полезного ископаемого. Если рассматривать подземную воду как часть общих водных ресурсов, то предпочтительнее термин – ресурсы, характеризующие прежде всего расход. Другими словами, определение «запасы полезного ископаемого» не может полностью охарактеризовать возможность рациональной эксплуатации подземных вод.

Вопросы классификации и определения понятий запасов и ресурсов подземных вод освещены в работах М.Е. Альтовского, Н.Н. Биндемана,

Б.В. Боревского, Ф.М. Бочевера, В.А. Всеволожского, В.А. Грабовникова, Д.И. Ефремова, И.С. Зекцера, Г.Н. Каменского А.А. Коноплянцев, И.И. Крашина, Б.И. Куделина В.А. Мироненко, И.С. Пашковского, В.С. Плотникова, Н.И. Плотникова, Р.И. Плотниковой, А.А. Рошалья, Ф.П. Саваренского, Н.М. Фролова, М.А. Хордикайнен, В.М. Шестакова, Р.С. Штенгелова, А.Л. Язвина, Л.С. Язвина и многих других.

Термины «запасы» и «ресурсы» подземных вод за более чем 100-летний период многократно претерпевали изменения. В различающемся использовании понятийно-терминологического аппарата можно выделить три периода:

1. 30-е годы – до 80-х гг. XX в. Период характеризуется неразрывностью понятий или размытой границей между ресурсами и запасами подземных вод, а иногда и полным отрицанием термина «запасы» применительно к подземным водам. М.Е. Альтовский в своих работах предлагал сохранить термин «запасы подземных вод», так как термины «запасы» и «ресурсы» являются синонимами. В тоже время одним из основоположников отечественной гидрогеологии Ф.П. Саваренским предложено различать понятия «запасы» и «ресурсы» подземных вод, понимая под последними обеспечение в водном балансе данного района питания подземных вод. Существовало и третье мнение актуальное и на сегодняшний день, по которому указывалось несоответствие термина «запасы» применительно к подземным водам, так как статус запасов определяется неким объемом, что предполагает статичность подземных вод [22]. В правовом отношении первые классификации подземных вод (1950 г., 1960 г.) вовсе не предусматривали понятия ресурсов подземных вод, однако «низшие» категории запасов можно считать коррелируемыми с современным определением прогнозных ресурсов.

2. 80-е гг. XX в. – 2000-е гг. Переходный период. Второй период выпадает на сложно-экономическую ситуацию как в науке, так и в целом в стране. Научный застой не предлагает нового понятийно-терминологического аппарата, в этот период возобладают юридические аспекты развития нового государства, поэтому новые определения прогнозных ресурсов и запасов полезных ископаемых можно

отождествить с быстро обновляющимися нормативно-правовыми документами, частота выхода которых не подкрепляется ничем кроме стремления сближения к зарубежной юрисдикции. В этот период впервые проведена граница между прогнозными ресурсами и запасами в соответствии с классификациями твердых полезных ископаемых и углеводородного сырья, используемыми в СССР (1983 г.) и России (1997 г.). Происходит стремление унифицировать классификацию к западным образцам. Граница между ресурсами и запасами подземных вод определена по степени изученности и масштабам исследования.

3. С 2000-е гг. – по настоящее время. Современный период. Включение подземных вод в классификации твердых полезных ископаемых и углеводородов показало, что понятие «прогнозных ресурсов подземных вод» уже включает в себя понятие «запасов подземных вод». Современный период характеризуется вводом нового понятия – «ресурсный потенциал подземных вод» [75], который содержательно соответствует термину «прогнозных ресурсов», сформулированному на втором этапе.

Все три периода в той или иной степени характеризуются приравнением подземных вод к статусу полезного ископаемого как неотъемлемой части недр [47]. Причем каждый последующий этап все в большей степени подкрепляется нормативно-правовым статусом, соответствующим «неуникальностью» подземных вод как полезного ископаемого [71]. Учитывая различный статус подземных вод в разное время, в диссертационной работе используется терминология, сформулированная на современном этапе, который максимально близко отражает современное течение и развитие геолого-гидрогеологической отрасли. Определения приведены по работам [16,121], которые сформулированы Б.В. Боревским, Л.С. Язвиным, А.Л. Язвиным с авторскими дополнениями в соответствии с современным ведением региональных гидрогеологических работ.

Естественные ресурсы подземных вод (общая величина подземного стока) – суммарная среднеголетняя величина питания подземных вод в естественных условиях, или обеспеченный питанием расход потока подземных вод.

Ресурсный потенциал подземных вод (РППВ) – часть естественных ресурсов, представляющая собой максимальную возможную величину отбора подземных вод определенного качества и целевого назначения, которая может быть получена в пределах оцениваемых площадей (гидрогеологических структур, административных территорий) при условии их освоения по всей площади распространения продуктивных гидрогеологических подразделений с учетом заданных ограничений.

Запасы подземных вод – количество подземных вод, которое может быть получено на месторождении (участке) из геолого-технически обоснованных водозаборных сооружений при заданном режиме и условиях эксплуатации, а также качестве воды, удовлетворяющем требованиям ее целевого использования в течение расчетного срока водопотребления с учетом водохозяйственной обстановки, природоохранных, санитарных требований и социально-экономической целесообразности их использования.

Прогнозные ресурсы подземных вод (ПРПВ) – количество подземных вод определенного качества и целевого назначения, которое может быть получено в пределах площадей, для которых подсчитан ресурсный потенциал подземных вод, дополнительно к запасам.

Возможная степень использования источников формирования ресурсов подземных вод должна определяться как гидрогеологическими условиями оцениваемых площадей, так и рациональной схемой эксплуатации в технико-экономическом отношении (размещение водозаборных сооружений, расстояниями между ними и т.д.). В пределе при размещении по всей площади распространения гидрогеологических подразделений водозаборных сооружений, расстояния между которыми будут стремиться к нулю, прогнозные ресурсы будут предельными при заданных допустимых понижениях и ограничениях. Учитывая гипотетическую вероятность такого размещения водозаборных сооружений, реальная возможность водоотбора меньше, поэтому оценка таких ресурсов необходима, но недостаточна для суждения о реальных перспективах использования подземных вод на оцениваемых площадях.

1.2. Нормативно-правовое регулирование вопросов, связанных с прогнозными ресурсами подземных вод

Стремление обеспечить сырьевой суверенитет страны в части «знаний своих запасов и ресурсов» предопределило развитие унифицированных систем их учета и дифференциации. Подземным водам также потребовалась прочная система аудита после их приравнивания к статусу полезного ископаемого. История регулирования понятий ресурсов и запасов подземных вод, а также их классификации в нормативно-правовом отношении насчитывает более 70 лет. Вопросами разработки классификаций в различное время занимались М.Е. Альтовский, Н.Н. Биндеман, Б.В. Боровский, Р.В. Бородин, П.И. Бутов, Г.Н. Каменский, Н.Д. Краснопевцев, Б.И. Куделин, Ф.А. Макаренко, К.И. Маков, Н.А. Плотников, Н.И. Плотников, М.П. Семенов, Е.Ф. Тамм, Н.М. Фролов, Л.С. Язвин и многие другие.

С 1950 года введено 5 классификаций запасов и (ресурсов) подземных вод, каждая последующая отменяла действие предыдущей:

1. Классификация запасов подземных вод, 1950 г.
2. Классификация запасов подземных вод, 1960 г.
3. Классификация эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов подземных вод, 1983 г.
4. Классификация эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов подземных вод, 1997 г.
5. Классификация запасов и прогнозных ресурсов питьевых, технических и минеральных подземных вод, 2007 г.

Основные отличия этих классификаций приведены в работах [14,121]. Общее представление о развитии классификаций подземных вод и их корреляции между собой представлены на рис. 1.1. Учитывая целевое назначение диссертационной работы, рассматривается только действующая классификация [62] касательно прогнозных ресурсов и применительно только к питьевым и техническим подземным водам, граница между которыми в настоящее время все больше размывается, ввиду новых технологических процессов водоподготовки.

Действующая классификация [62] и методические указания по ее применению [75] регулярно подвергаются сомнению в ее жизнеспособности различными специалистами [12,13,99,111,120,122]. Несмотря на существенные недостатки действующей классификации, в диссертационной работе не будет предлагаться ее совершенствование, будет предлагаться ее адаптация к современному проведению региональных гидрогеологических работ.

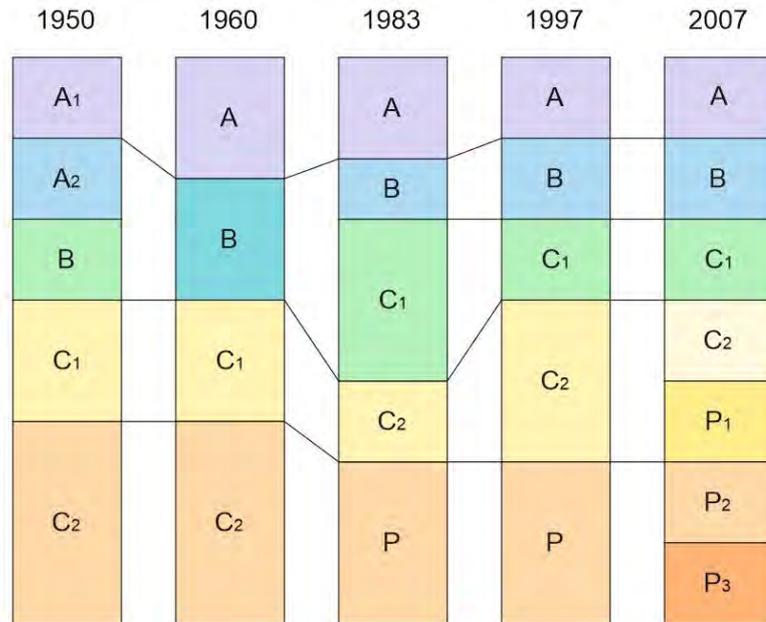


Рис. 1.1. Корреляционная схема классификаций запасов и (ресурсов) подземных вод, действующих в различное время

Действующая классификация [62] включает 4 категории запасов (A,B,C₁,C₂) и 3 категории прогнозных ресурсов (P₁,P₂,P₃) подземных вод (рис. 1.2). Рассматривая категорию A как «высшую» категорию, а P₃ в этой цепочке как «низшую», справедливо выдвинуть следующие утверждения:

1. Чем выше степень изученности, тем выше категория. При этом под изученностью надо понимать детальность исследования, применяемые методы гидрогеологического изучения, достоверность выполненных оценок, а также технико-экономическую эффективность освоения.
2. Чем выше категория, тем меньший срок, на который она должна учитываться: практически неизменяемость ресурсов и краткосрочность запасов.

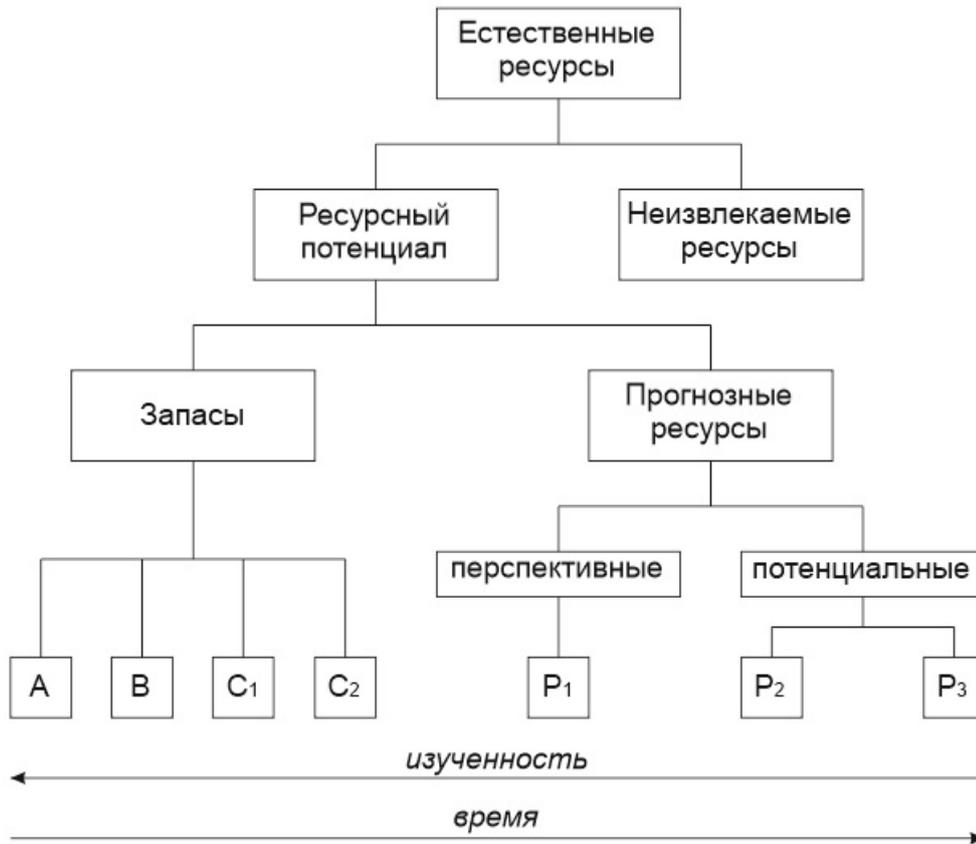


Рис. 1.2. Схема соотношений понятий в соответствии с классификацией [62]

Прогнозные ресурсы подземных вод в соответствии с [62] разделяются на 3 категории. В табл. 1.1 приводится их сравнительная характеристика.

Увеличение количества категорий запасов и (ресурсов) с 5-ти (4-х) до 7-ми (рис. 1.1) привело к отсутствию концептуальной увязки последних со стадийностью проведения геолого-гидрогеологических работ. Однако, в целом, справедливо будет отождествить изучение и оценку прогнозных ресурсов подземных вод с региональными гидрогеологическими работами, а запасы – с поисково-оценочными и разведочно-эксплуатационными.

Оценка прогнозных ресурсов уже активно используется в ходе регионального гидрогеологического изучения территории Российской Федерации в среднемасштабной полистной гидрогеологической съемке и в мелкомасштабной как полистной, так и площадей гидрогеологических структур и субъектов [72]. На сегодняшний день рекомендации по оценке прогнозных ресурсов даны для категорий P₂ и P₃ питьевых, технических и минеральных подземных вод при

проведении региональных работ, включающие выбор объектов оценки, методы оценки прогнозных ресурсов, требования к изученности гидрогеологических условий и основные особенности проведения работ при съемках масштаба 1:1 000 000 и 1:200 000 [103]. В документе также приводятся требования к порядку апробации и учета прогнозных ресурсов, но в действительности инструмента их учета нет, что является существенным пробелом региональных гидрогеологических работ.

Если категориям P_2 и P_3 (потенциальные прогнозные ресурсы) закреплен статус нормативными документами, то с прогнозными ресурсами категории P_1 (перспективные прогнозные ресурсы) вопрос остается открытым. Практика показывает, что статус категорий C_2 и P_1 подземных вод настолько слабо определен, что последние практически не используются при проведении гидрогеологических работ, а присвоение категории C_2 носит весьма условный характер. При этом категории P_1 требуется уточнение области ее применения и способам оценки. На сегодняшний день тематические региональные работы по созданию постояннодействующих гидрогеодинамических моделей способны в полной мере закрепить статус прогнозных ресурсов подземных вод по категории P_1 в соответствии с классификацией и предложить методическую основу для их оценки.

Табл. 1.1. Сравнительная характеристика категорий прогнозных ресурсов подземных вод в соответствии с классификацией [62]

Категория	Целевое назначение	Особенности оценки	Объект оценки	Масштаб исследования
P ₁	возможность увеличения запасов	гидродинамический метод применительно к обобщенным условным схемам водозаборов различной конструкции, балансовый и другие методы	- разведанные или оцененные месторождения подземных вод; - перспективные для постановки поисково-оценочных работ участки недр	не регламентируется
P ₂	возможность выявления перспективных участков недр для локализации месторождений подземных вод	гидродинамический метод применительно к обобщенным схемам водозаборных сооружений или экспертным путем	- гидрогеологические структуры; - речные бассейны; - перспективные участки недр месторождений подземных вод	среднемасштабная гидрогеологическая съемка (1:200 000)
P ₃	- потенциальная возможность водообеспечения территорий; - выявление перспективных участков недр для постановки поисковых и поисково-оценочных работ	без привязки к конкретным гидрогеологическим объектам	- гидрогеологические структуры; - субъекты Российской Федерации	мелкомасштабная гидрогеологическая съемка (1:500 000 – 1:1 000 000)

1.3. Общепринятые научно-методические основы региональной оценки прогнозных ресурсов подземных вод

На всех этапах становления региональных гидрогеологических работ оценка ресурсов подземных вод являлась основой для решения национальных задач по изучению, оценке состояния и управлению государственным фондом недр в части ресурсной базы подземных вод и её использования, осуществления государственного мониторинга состояния недр (ГМСН) и других видов геологоразведочных работ.

Научно-методические основы региональной оценки прогнозных ресурсов подземных вод относятся к середине XX в. и появлению первых классификаций. Общие принципы и методика оценки впервые были разработаны Н.Н. Биндеманом и Ф.М. Бочевеком в рамках работы по составлению генеральной схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов СССР. В дальнейшем методики оценки совершенствовались с учетом особенностей формирования ресурсов подземных вод в различных геолого-гидрогеологических условиях.

Огромный вклад в развитие методов оценки ПРПВ внесли Н.Н. Биндеман, Б.В. Боровский, Ф.М. Бочевеком, В.К. Гохберг, В.Д. Гродзенский, Д.И. Ефремов, А.Н. Клюквин, И.И. Крашин, С.С. Мирзаев, И.С. Пашковский, Д.И. Пересунько, В.С. Плотников, Р.И. Плотникова, М.А. Хордикайнен, В.М. Шестопапов, А.Л. Язвин, Л.С. Язвин и многие другие специалисты.

Методики региональной оценки прогнозных ресурсов подземных вод имеют свою специфику в зависимости от сложности граничных условий и степени геолого-гидрогеологической изученности. К относительно «простым» граничным условиям с постоянными фильтрационными свойствами оцениваемых водоносных подразделений применяются аналитические расчеты или метод аналогий, для более «сложных» с интенсивным освоением подземных вод применимы гидрогеодинамические методы и математического моделирования. Последние целесообразно применять только при достаточно высокой степени геолого-гидрогеологической изученности. В целом, оценка ПРПВ сводится к решению

основного балансового уравнения (1.1) в расчетных блоках, размеры которых определяются технико-экономической освоенностью территории.

$$Q_{пр} = \alpha_{ер} Q_{ер} + \alpha_{ез} \frac{V_{ез}}{t} + \left(\alpha_{ир} Q_{ир} + \alpha_{из} \frac{V_{из}}{t} \right) + Q_{п}, \quad (1.1)$$

где $Q_{пр}$ – прогнозные ресурсы; $Q_{ер}$ – естественные ресурсы; $V_{ез}$ – естественные запасы; $Q_{ир}$ – искусственные ресурсы; $V_{из}$ – искусственные запасы; $Q_{п}$ – привлекаемые ресурсы; t – время, на которое рассчитывается эксплуатация; $\alpha_{ер}$, $\alpha_{ез}$, $\alpha_{ир}$, $\alpha_{из}$ – соответственно коэффициенты использования естественных ресурсов, естественных запасов, искусственных ресурсов, искусственных запасов.

Первые региональные оценки прогнозных ресурсов (запасов) преимущественно выполнялись на ограниченный период, обычно срок оценки составлял 25-50 лет. При этом возможный водоотбор формировался только за счет емкостных запасов. Анализ теоретических закономерностей притока воды к водозаборным сооружениям и практический опыт эксплуатации подземных вод показывают, что удельный вес сработки емкостных запасов в общем балансе водоотбора, по мере увеличения срока эксплуатации, уже через 10-20 лет (в некоторых случаях гораздо меньше) после ее начала не превышает нескольких процентов, а в пределе, при неограниченном сроке работы водозаборов, стремится к нулю. При подсчете прогнозных ресурсов подземных вод следует ориентироваться на весьма длительный, практически неограниченный период эксплуатации. В этом случае многолетняя сработка емкостных запасов не учитывается, а в качестве источников формирования прогнозных ресурсов принимаются только питание (естественные ресурсы) водоносного подразделения и привлекаемые ресурсы [11]. Такой подход нашел продолжение в последующих региональных оценках ПРПВ, где расчетный срок был неограничен [15,59,123]. Недостатком таких оценок является постоянство питания подземных вод, что весьма противоречиво ввиду глобального изменения климата [37].

В настоящее время оценка прогнозных ресурсов подземных вод выполняется в рамках гидрогеологической съемки (рис. 1.3). Карта (потенциальных) прогнозных ресурсов подземных вод является результатом комплексного анализа

гидрогеологических условий территории, в результате которого устанавливаются или уточняются условия формирования ресурсов подземных вод в различных гидрогеологических подразделениях и оценивается их перспективность для практического использования в различных целях [73].

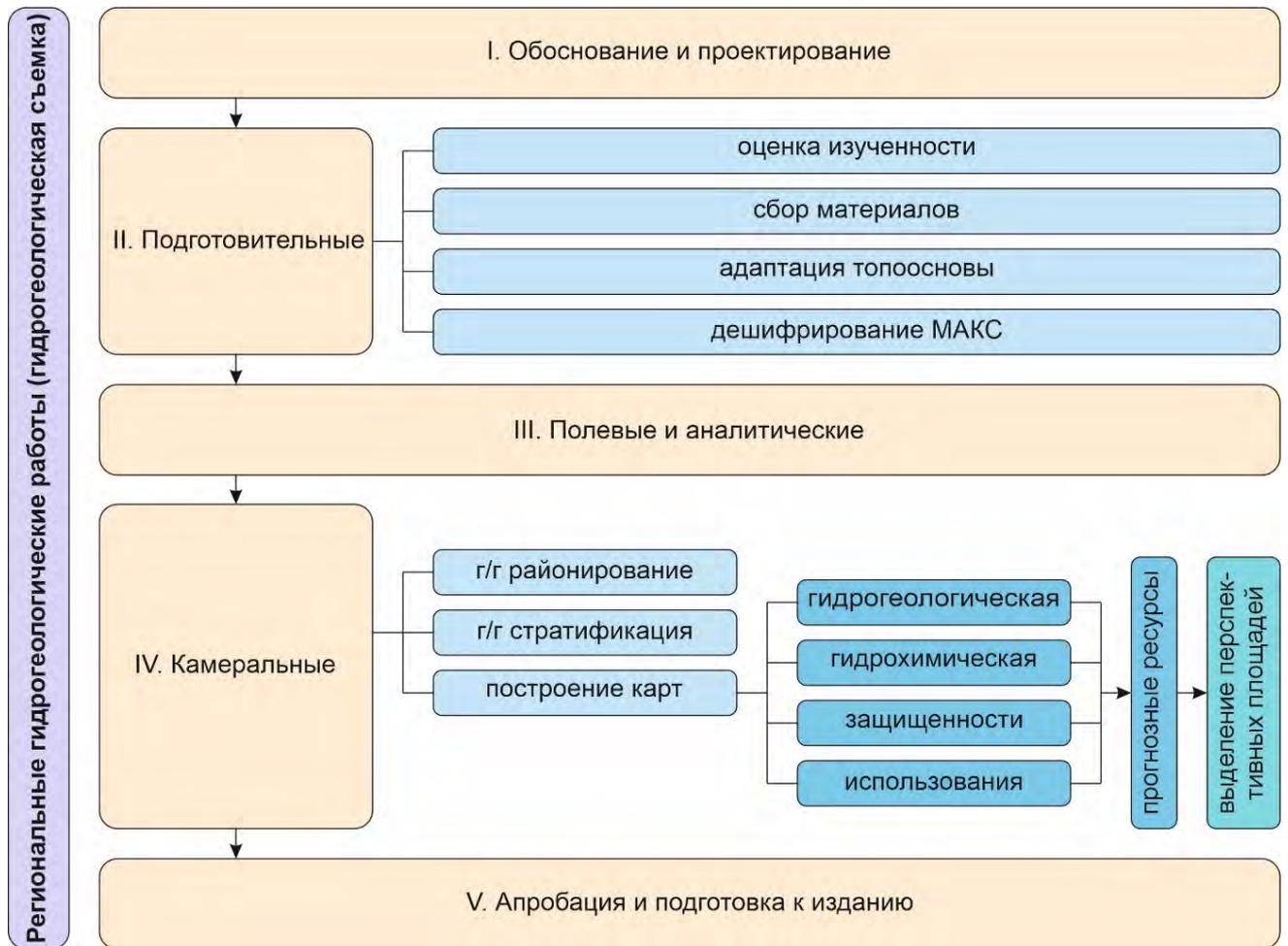


Рис. 1.3. Стадийность выполнения региональных гидрогеологических работ

В рамках гидрогеологической съемки оценка прогнозных ресурсов подземных вод осуществляется в соответствии с классификацией запасов и прогнозных ресурсов питьевых, технических и минеральных подземных вод [62]. При выполнении оценки ПРПВ выполняются рекомендации по оценке прогнозных ресурсов [103], которые разработаны на основе колоссальной работы по оценке ресурсного потенциала подземных вод всей территории РФ [59].

Особенностями подземных вод обусловлен способ оценки прогнозных ресурсов, при котором сначала подсчитывается ресурсный потенциал подземных вод, из которого вычленяются прогнозные ресурсы подземных вод путем

вычитания величины запасов, утвержденных на период работ. Оценка РППВ выполняется на основе геофильтрационной схематизации, при которой определяются граничные условия, тип района, режим фильтрации основных водоносных подразделений. Наиболее характерный тип района, применительно к платформенным областям артезианского типа, характеризуется следующим:

- основные водоносные подразделения на оцениваемой территории имеют широкое площадное распространение;
- эксплуатация подземных вод по гидрогеологическим условиям возможна на всей площади распространения гидрогеологических подразделений;
- площади оптимального размещения водозаборных сооружений совпадают с площадями питания подземных вод.

При условии одновременной длительной эксплуатации водозаборных сооружений, расположенных по сетке, между ними сформируются водоразделы, где градиенты потока равны нулю. В результате область формирования дебита каждого водозаборного сооружения в сетке будет ограничена как бы непроницаемой стенкой. Согласно Н.Н. Биндеману, в этом случае можно представить, что каждое водозаборное сооружение будет работать в замкнутом круговом блоке с непроницаемыми боковыми границами. Дебит водозаборного сооружения, работающего внутри блока, будет формироваться за счет естественных запасов подземных вод блока, динамических и привлекаемых ресурсов, приходящихся на площадь блока [11].

В соответствии с приближенным решением Маскета-Бочевера понижение уровня в водозаборном сооружении, расположенном в центре блока, может быть определено по формуле (1.2):

$$S = \frac{Q - Q_{\text{доп}}}{\pi km} \frac{at}{R_6^2} + \frac{Q}{2\pi km} \ln \frac{R_6}{r_k}, \quad (1.2)$$

где S – понижение уровня; Q – Расход водозаборного сооружения; $Q_{\text{доп}}$ – часть расхода водозаборного сооружения, обеспечиваемая за счет восполняемых запасов (динамических, искусственных и привлекаемых ресурсов); a – коэффициент пьезопроводности; km – проводимость; t – расчетный срок эксплуатации; R_6 –

радиус блока; r_k – приведенный радиус водозаборного сооружения (большого колодца).

Так как при подсчете прогнозных ресурсов подземных вод следует ориентироваться на весьма длительный, практически неограниченный период эксплуатации, первой частью уравнения можно пренебречь. И эта формула преобразуется в формулу Дюпюи (1.3):

$$S = \frac{Q}{2\pi km} \ln \frac{R_0}{r_k} \quad (1.3)$$

При решении этого уравнения необходимо учесть, что расход воды при неограниченном периоде эксплуатации не должен превышать естественные ресурсы. Для этого введено ограничение (1.4):

$$Q_{пр} = \alpha Q_{ер}, \quad (1.4)$$

где $Q_{пр}$ – прогнозные ресурсы в блоке; $Q_{ер}$ – естественные ресурсы; $\alpha \leq 1$ – коэффициент использования естественных ресурсов.

При условии, что инфильтрационное питание больше, чем коэффициент перетекания через слабопроницаемые перекрывающие отложения ($W \gg k_0$), в блок поступает питание равное произведению инфильтрационного питания на площадь блока, итоговое уравнение можно преобразовать в следующий вид (1.5):

$$Q_{пр} = \frac{2\pi km S}{\ln \frac{R_0}{r_k} W R_0^2} Q_{ер}, \text{ где } \frac{2\pi km S}{\ln \frac{R_0}{r_k} W R_0^2} = \alpha \leq 1 \quad (1.5)$$

В случае, если в расчетный блок попадает 2 гидрогеологических подразделения, прогнозные ресурсы в блоке рассчитываются по формуле (1.6):

$$Q_{пр} = (\alpha_1 + \alpha_2) Q_{ер}, \text{ где } \sum \alpha_i \leq 1, \quad (1.6)$$

Где α_1 – коэффициент использования естественных ресурсов для первого гидрогеологического подразделения; α_2 - для второго.

При составлении карты ПРПВ учитываются ранее выполненные оценки ресурсного потенциала и запасов подземных вод. Основные принципы подсчета ресурсов подземных вод включают:

1. Выделение объектов оценки РППВ на базе гидрогеологического районирования и гидрогеологической стратификации.
2. Учет качества подземных вод при подсчете РППВ.
3. Учет степени защищенности оцениваемых водоносных подразделений.
4. Обоснование учета различных источников формирования РППВ при его оценке.
5. Обоснование выбора метода оценки РППВ.
6. Учет гидрогеологических ограничений.
7. Учет санитарных, водохозяйственных, природоохранных и иных ограничений.

На основе [103] строятся дополнительные карты гидрогеологических параметров, уровней или напоров подземных вод, естественных ресурсов, которые помещаются в зарамочном оформлении. На рис. 1.4 представлена схема построения карты прогнозных ресурсов подземных вод, выполняемая в рамках гидрогеологической съемки.

Результаты оценки РППВ служат обоснованием оптимальных направлений и объемов геологоразведочных работ, текущего и перспективного планирования развития сырьевой базы подземных вод, составления комплексных схем обеспечения населения конкретных территорий питьевыми, техническими и минеральными водами.

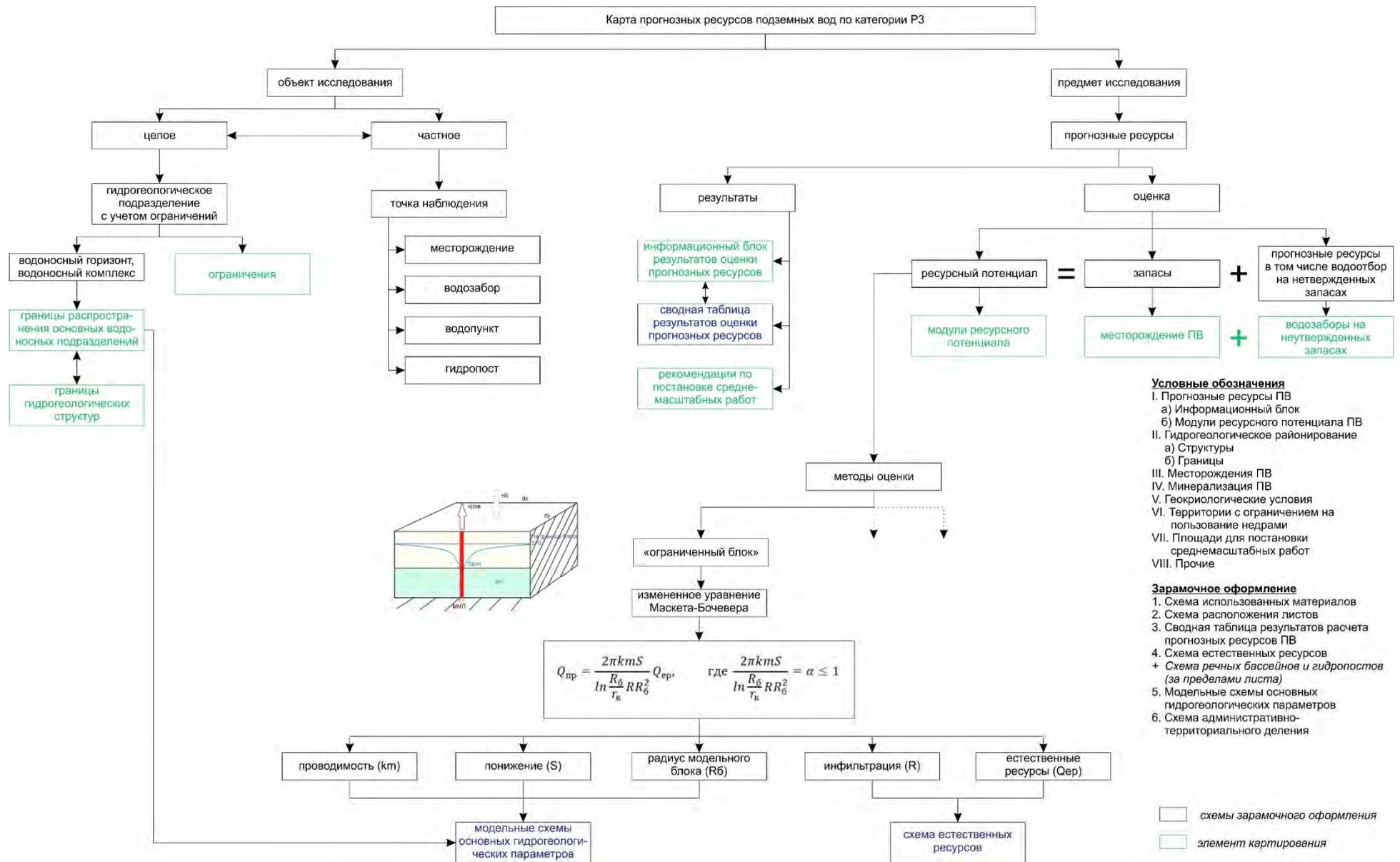


Рис. 1.4. Схема построение карты прогнозных ресурсов подземных вод при выполнении региональных гидрогеологических работ

1.4. Современное состояние ресурсов подземных вод в пределах восточной части Печорского артезианского бассейна

Прогнозные ресурсы подземных вод отдельно для Усинского района ранее не оценивались, выполнялась оценка ресурсов для всей Республики Коми и Печорского АБ или его части. Региональная оценка прогнозных ресурсов подземных вод на территории Республики Коми до 90-х годов XX века выполнялась не менее трех раз: Е.В. Быковым (1962 г.), И.А. Конжиным (1970 г.), Н.Г. Оберманом (1984 г.). Выполненные оценки определялись, в основном, сработкой емкостных запасов для заданного срока эксплуатации (25-50 лет) проектируемых водозаборов, при этом формированию подземного стока практически не уделялось внимания.

Впервые подсчет эксплуатационных ресурсов для равнинной части территории Коми АССР и Ненецкого национального округа был выполнен в 1962 г. Е.В. Быковым и др. Исходными материалами послужили данные по 189 одиночным скважинам, 86 источникам и 36 шахтам. Подсчет для основных водоносных горизонтов, приуроченных к зоне активного водообмена до глубины распространения зоны пресных вод проводился для условий равномерно размещенных водозаборов по шахматной сетке с расстоянием между ними в ряду 5 км, между рядами 2.5 км. Расход подземных вод определялся для заданного срока 50 лет при максимально допустимом понижении уровня. При проведенной региональной оценке ресурсов подземных вод определялась в основном сработка емкостных запасов, питание учитывалось слабо, береговые водозаборы не оценивались вообще.

В 1970 г. И.А. Конжиным в соответствии с появившимися новыми данными о водоносных подразделениях и характере их распространения были пересчитаны модули эксплуатационных ресурсов для большинства основных водоносных горизонтов зоны активного водообмена, а также вновь оценены для западного склона Урала. При данном подсчете, кроме сработки емкостных запасов, учитывалось питание подземных вод (за величину питания принималось до 50% и

более величины подземного стока). Однако коэффициент использования подземного стока принимался без специального обоснования.

В 1984 г. Н.Г. Оберманом ресурсы были переоценены на расчетный срок эксплуатации 25 лет и впервые подсчитаны для территорий Республики Коми, в частности восточного склона Заполярного, Полярного, Приполярного и северной части Северного Урала, а также для речных долин. Однако при выполненной оценке прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод величина привлекаемых ресурсов не учитывалась из-за трудности ее определения.

Особое внимание стоит уделить работам, выполненным после 90-х годов XX века. Впервые учет питания подземных вод выполнен при оценке прогнозных ресурсов подземных вод Республики Коми в 1999 г. ОАО «Полярноуралгеология» под руководством Г.П. Огородниковой и научно-методическим сопровождением сотрудников ЗАО «ГИДЭК» (Б.В. Боровским, Л.С. Язвиным, Л.А. Субботиным и др.) в рамках работы по оценке обеспеченности всей территории России подземными водами питьевого и хозяйственно-бытового назначения [15,123]. По сравнению с предыдущими работами при оценке прогнозных ресурсов были исключены: площади распространения основных водоносных горизонтов с низкими фильтрационными свойствами, с минерализацией воды более 3 г/дм³, особо охраняемые территории, территории с проблематичностью создания санитарных зон. Появление нового фактического материала по гидрогеологическим условиям и опыту эксплуатации подземных вод также требовало пересчета прогнозных ресурсов. К моменту выполнения работы было уже разведано 41 месторождение подземных вод на различные горизонты, из них половина после 1984 г; эксплуатировалось около 1 тысячи одиночных водозаборных скважин, 86 групповых водозаборов, появились дополнительные материалы режимных наблюдений [156ф]. Все вышеперечисленные обстоятельства требовали корректировки или пересчета ранее оцененных прогнозных ресурсов подземных вод. В качестве модуля питания подземных вод использовался модуль подземного стока в реки [10,67]. Для оценки изменения величины питания подземных вод по площади использовались карты

среднегодовое количество осадков, взятые из отчетов «Карта подземного стока территории деятельности УТГУ» (В.Ф. Лапицкая) [139ф] и «Региональная оценка природных ресурсов подземных вод Полярного и Приполярного Урала» (Н.Г. Оберман) [154ф]. Для оценки прогнозных ресурсов подземных вод принималась, в основном, равномерная сетка расположения водозаборных сооружений с шагом 7 км. Результаты оценки прогнозных ресурсов по чирвинскому водоносному горизонту и его совместному использованию со смежными гидрогеологическими подразделениями в пределах всего Усинского района приводятся в табл. 1.2.

Табл. 1.2. Оцененные прогнозные ресурсы подземных в пределах Усинского района в 1999 г.

<i>Количество гидрогеологических подразделений</i>	<i>Индекс водоносного горизонта</i>	<i>Модуль, эксплуатационных ресурсов, л/с*км²</i>	<i>Площадь, км²</i>	<i>Прогнозные ресурсы подземных вод, тыс.м³/сут</i>
1	Ia,amQIIc	0,4	4825,0	166,8
		0,5	1545,0	66,7
		0,6	1700,0	88,1
		0,9	2080,0	161,7
		1,4	1146,0	138,6
		Итого		
2	IajamQIIc+J ₁₋₃	1,0	586,0	50,6
		1,3	2230,0	250,5
		1,8	1271,0	197,7
		1,1	205,0	19,5
	Ia,amQIIc+T ₂₋₃	2,2	442,0	84,0
	Ia,amQIIc+P ₂ -T	1,3	448,0	50,3
	Итого			652,6

В дальнейшем полученные результаты были адаптированы и оцифрованы для составления карты ресурсного потенциала всей территории Российской Федерации (ГИДЭК, 2011 г. [59]). На рис. 1.5 представлена карта модулей ресурсного потенциала в пределах изучаемой территории по результатам выполненной оценки в 2011 г.

Масштаб 1:600 000

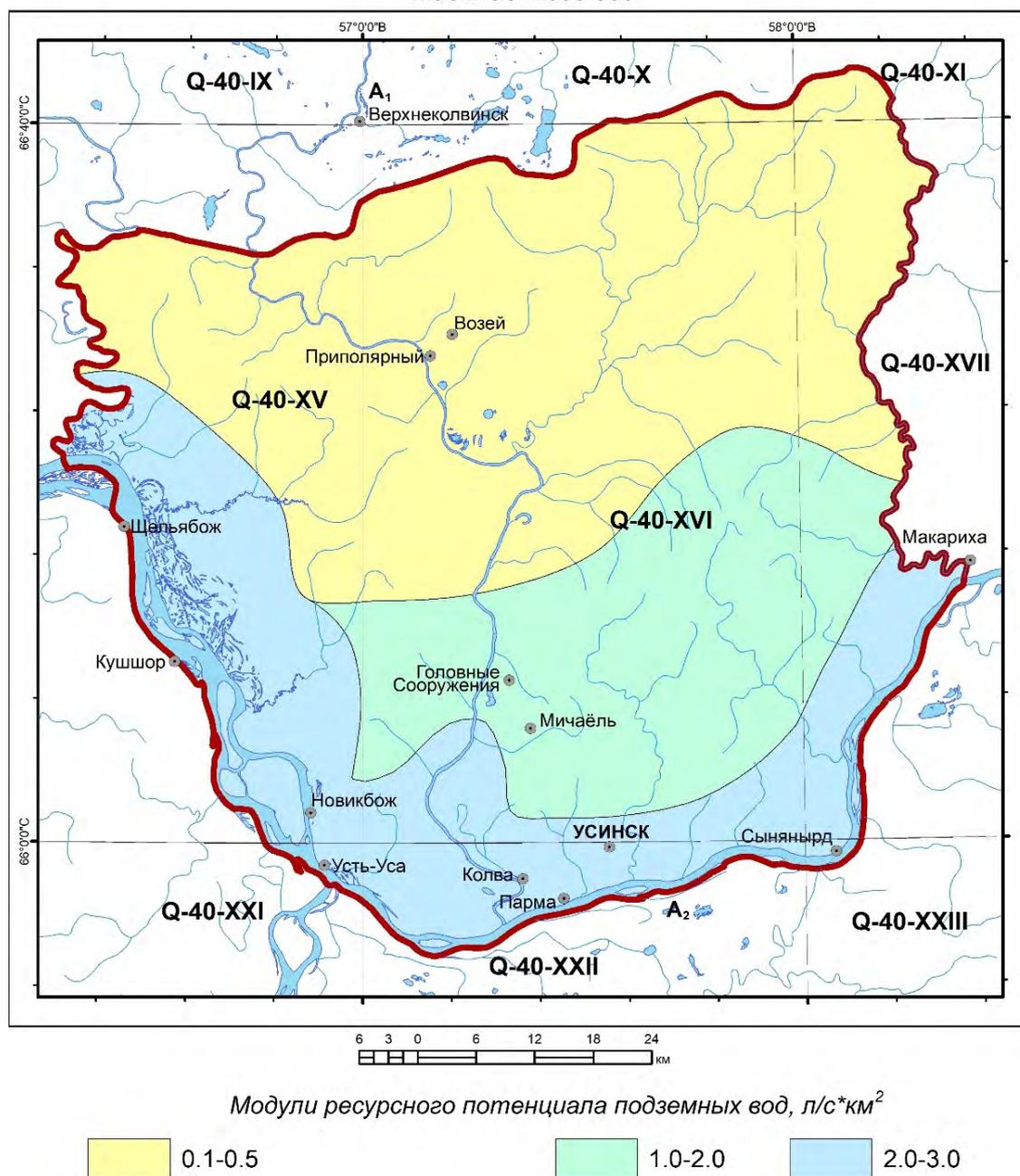


Рис. 1.5. Карта модулей ресурсного потенциала в пределах исследуемой территории по результатам выполненной оценки в 2011 г.

В дальнейшем метод оценки прогнозных ресурсов нашел продолжение в работе по созданию комплекта гидрогеологических карт масштаба 1:1 000 000 на территории Печорского артезианского бассейна, выполненной в 2016 г. ФГУП «ВСЕГИНГЕО» под руководством Р.И. Плотниковой [157ф], в которой более подробно были изучены ресурсы подземных вод с минерализацией до 1 г/дм³ с учетом геокриологических условий территории. Несмотря на изданное новое

методическое руководство [103], в работе прогнозные ресурсы подземных вод оценивались за счет сработки емкостных запасов для заданного срока эксплуатации (25 лет) проектируемых водозаборов. Оценка ресурсного потенциала сводилась к расчету в двух основных гидрогеологических подразделениях Печорского АБ – синемюрско-батский и средненеоплейстоценовый озерно-аллювиальный, аллювиально-морской водоносные горизонты.



Рис. 1.6. Карта модулей ресурсного потенциала в пределах исследуемой территории по результатам выполненной оценки в 2016 г.

Оценка ресурсного потенциала подземных вод этих подразделений выполнена гидродинамическим методом с использованием приведенных (обобщенных) параметров для условий неограниченного пласта для системы условных водозаборов («больших колодцев»), равномерно распределенных по изучаемой площади. В обобщенных параметрах учитывалась существующая природная обстановка – сложнослоистая толща водоносного горизонта, неоднородность фильтрационных свойств как в плане, так и в разрезе. Для оценки ресурсного потенциала пресных подземных вод шаг сетки принимался равным 15 км. Продуктивные горизонты схематизировались в разрезе как напорный пласт, изолированный в кровле и подошве. При оценке ресурсного потенциала были использованы построенные на основе опорных скважин вспомогательные карты водопроницаемости и напоров подземных вод синемюрско-батского и средненеоплейстоценового озерно-аллювиального, аллювиально-морского водоносных горизонтов. На рис. 1.6 представлена карта модулей ресурсного потенциала в пределах изучаемой территории по результатам выполненной оценки в 2016 г.

Подземный сток в работе отождествлялся и коррелировался с площадями распространения гидрогеологических подразделений, которые являются своеобразными геофильтрационными средами с уникальными условиями формирования подземного стока [49]. При этом распределение величины подземного стока определялось не только изменениями типа геофильтрационных сред, но и орографическими характеристиками, фильтрационными свойствами покровных отложений, развитием карста, хорошо проницаемых отложений и многолетнемерзлых пород. В результате питание подземных вод определялось долей осадков в общем речном стоке и варьировалось от менее 1 до 15-20 % и более. На рис. 1.7 представлена карта модулей подземного стока в пределах изучаемой территории по результатам выполненной оценки в 2016 г.

Масштаб 1:600 000

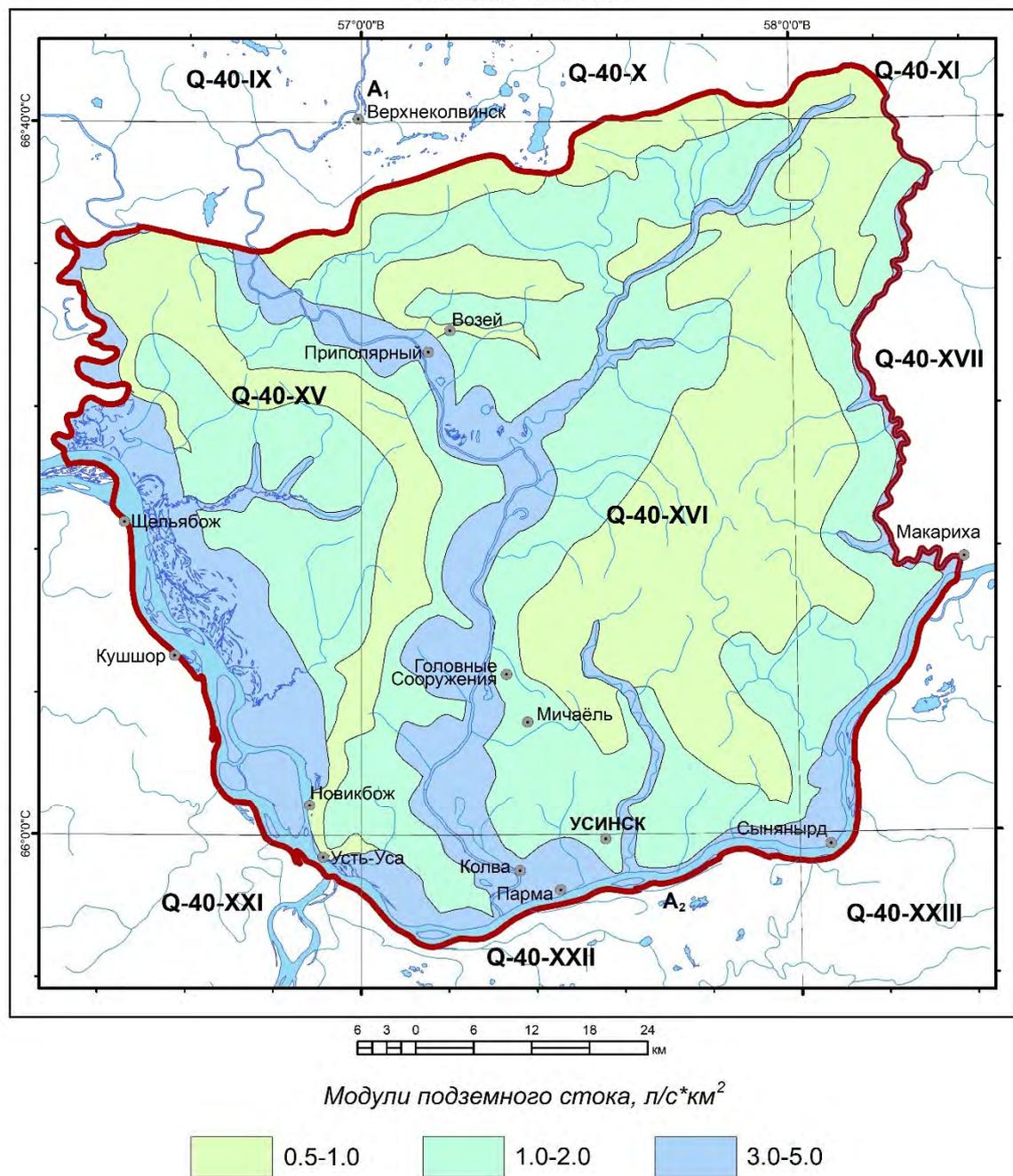


Рис. 1.7. Карта модулей подземного стока в пределах изучаемой территории по результатам выполненной оценки в 2016 г.

Сравнительный анализ выполненных оценок ресурсного потенциала подземных вод в 2011 г. (1999 г.) и 2016 г. показывает неплохую сходимость, несмотря на разный подход к его расчетам и заданным ограничениям. Суммарный ресурсный потенциал в пределах изучаемой территории по результатам выполненной оценки в 2011 г. составляет от 418,0 до 771,8 тыс.м³/сут, в 2016 г. – 363,0-659,5 тыс.м³/сут (табл. 1.3).

Табл. 1.3. Сравнение расчетных данных ресурсного потенциала подземных вод в 2011 и 2016 гг.

Оценка	Модуль ресурсного потенциала подземных вод, л/с*км ²		Площадь, км ²	Ресурсный потенциал подземных вод, тыс.м ³ /сут	
	min	max		min	max
Учет питания ПВ (ГИДЭК, 2011 г.)	0,1	0,5	2868,6	24,8	123,9
	1	2	1343,1	116,0	232,1
	2	3	1604,1	277,2	415,8
	Итого		5815,8	418,0	771,8
Учет емкостных запасов сроком на 25 лет (ВСЕГИНГЕО, 2016 г.)	0,1	0,5	2770,8	23,9	119,7
	0,5	1	1443,5	62,4	124,7
	2	3	1601,5	276,7	415,1
	Итого		5815,8	363,0	659,5

Выполненные ранее работы являются хорошей основой планирования расширения эксплуатации и дальнейшего изучения подземных вод, которые могут использоваться при разработке комплексных схем использования и охраны водных ресурсов, а также учитываться при дальнейших оценках прогнозных ресурсов [99]. Согласно действующей классификации запасов и прогнозных ресурсов подземных вод [62] в ранее выполненных работах можно считать, что оценка прогнозных ресурсов подземных вод произведена по категории Р₃, основанная на мелкомасштабных съемках (1:500 000 – 1:1 000 000) и обзорном картографировании (1:2 500 000) без пространственной привязки к конкретным объектам, в которых отражалась общая обеспеченность территории водными ресурсами подземных вод. А расчет прогнозных ресурсов выполнялся при условии одновременной длительной эксплуатации водозаборных сооружений, расположенных по сетке, между которыми формируются водоразделы, где градиенты потока равны нулю [8,9,19].

ГЛАВА 2. ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ УСЛОВИЯ, ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКОЕ И ГЕОЛОГО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ПЕЧОРСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАСЕЙНА

2.1. Физико-географический очерк восточной части Печорского артезианского бассейна

В *административном отношении* исследуемая территория расположена в муниципальном образовании городского округа Усинск Республики Коми, в северной части республики, в пределах Русской равнины. Территория исследования расположена в пределах номенклатурных листов разграфки масштаба 1:200 000: Q-40-XV – Q-40-XVII (рис. 2.1, рис. 2.2).



Рис. 2.1. Обзорная карта

Масштаб 1:500 000

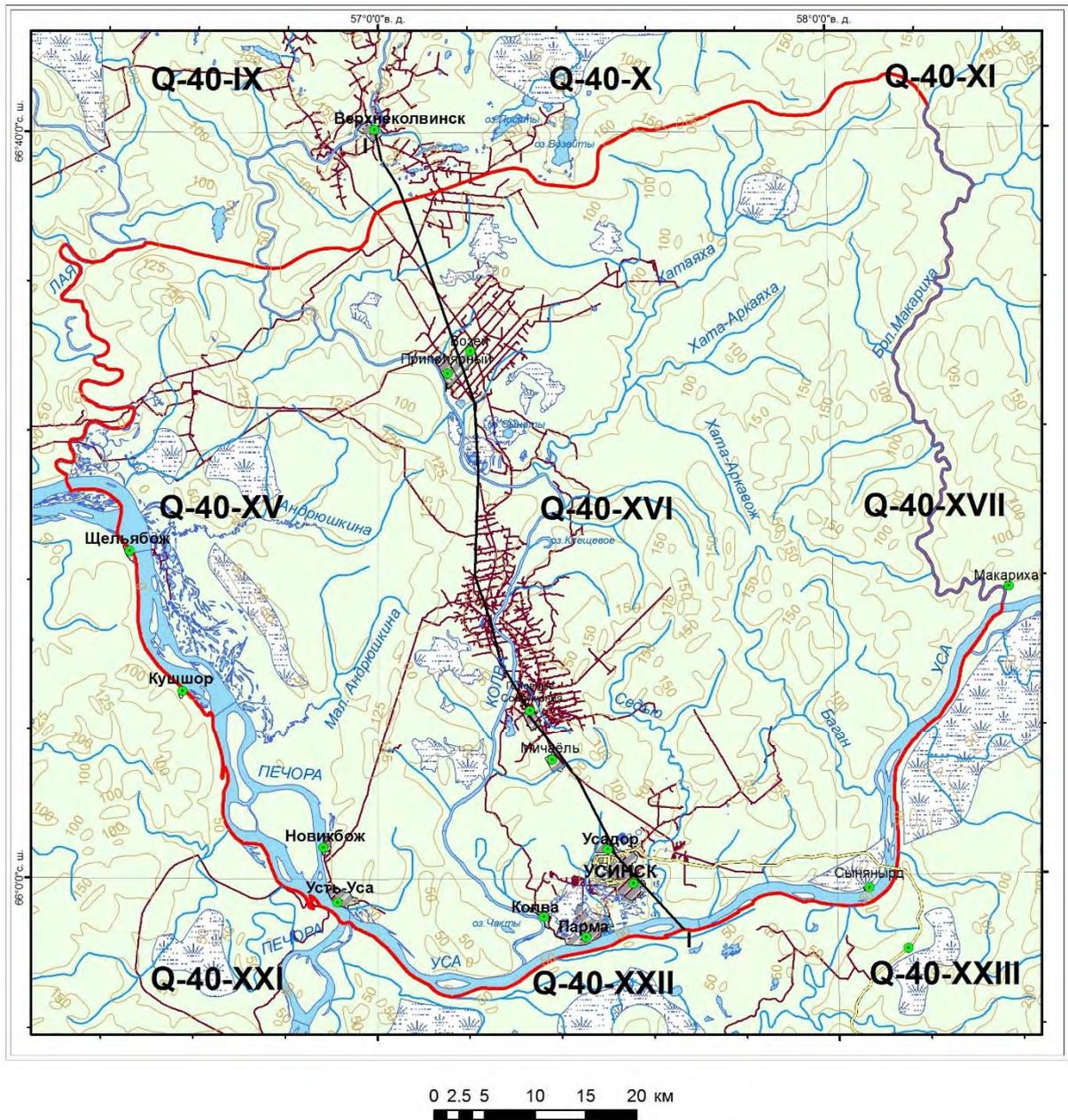


Рис. 2.2. Карта физико-географических условий исследуемой территории

В состав административно-территориального образования и городского округа входит 20 населенных пунктов. Основным населенным пунктом на изучаемой территории – г. Усинск, здесь проживают более 85% населения городского района. К менее крупным населенным пунктам относятся пгт Парма, с. Усть-Уса, с. Шельябож, д. Новикбож, с. Колва и другие [53].

Численность населения в населенных пунктах на исследуемой территории составляет 42825 человека на 1 января 2021 года [93].

В *орографическом отношении* территория приурочена к Печорской низменности, с грядово-холмистым, пологоволнистым и эрозионно-аккумулятивным рельефом. Абсолютные отметки поверхности колеблются от 30 (в долинах крупных рек) до 200 м (на водоразделах) (рис. 2.2).

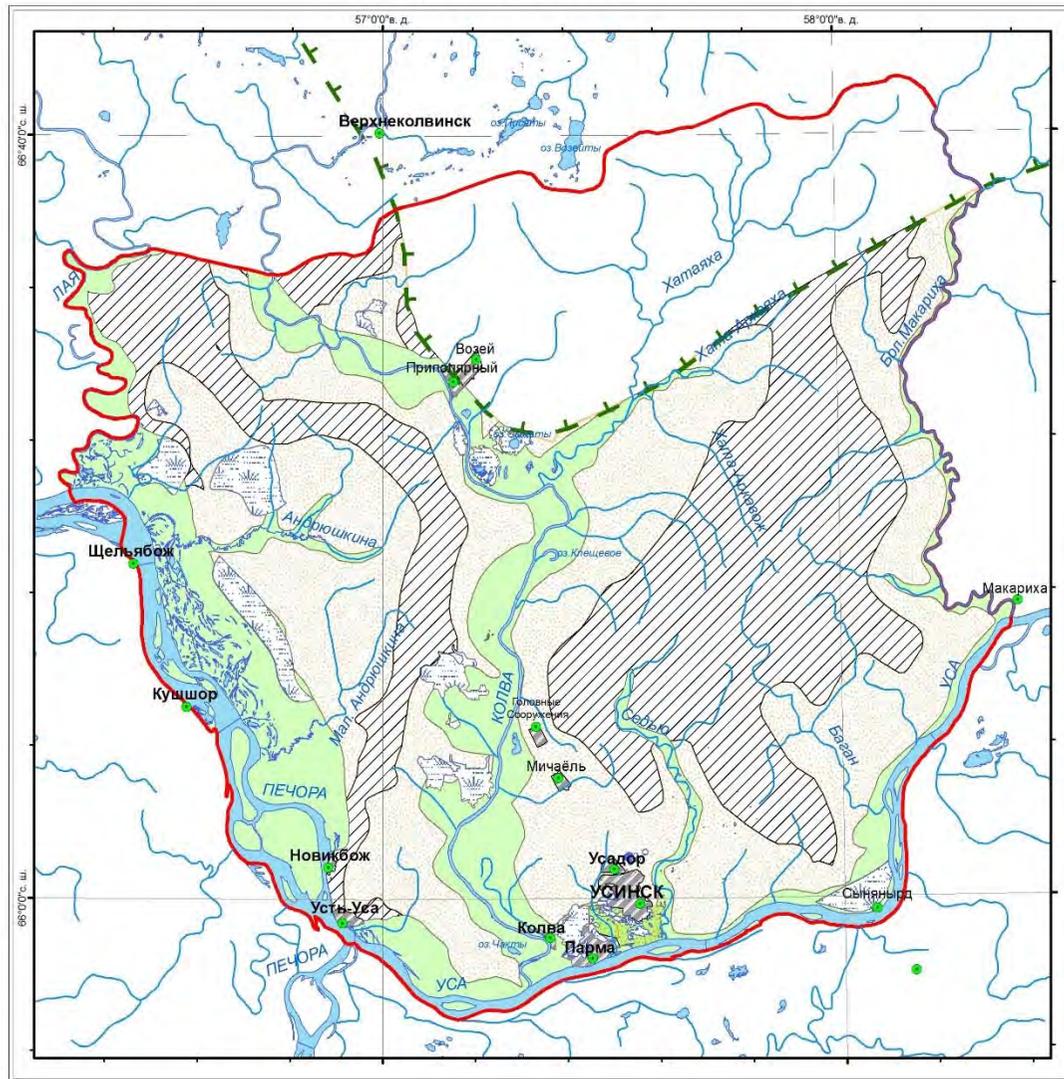
Грядово-холмистый рельеф приурочен к моренным отложениям, слагающим поверхность выравнивания, с абсолютными отметками от 140 до 200 м. Пологоволнистый рельеф приурочен к озерно-аллювиальной равнине, занимающей водораздельное пространство (абс. отм. 70-140 м), полого спускающуюся в долины крупных рек. Часто покрыт многочисленными болотами, реже озерами. Эрозионно-аккумулятивный рельеф включает в себя поверхности террас и пойм с абсолютными отметками от 30 до 70 м [98] (рис. 2.3).

В целом, местность характеризуется слаборасчлененным рельефом с плотной речной сетью.

Гидрографическая сеть исследуемой территории принадлежит двум бассейнам крупных рек: р. Печора (среднее течение) и р. Уса (нижнее течение) (рис. 2.4) [5,85,104].

Река Печора – крупнейшая водная артерия Республики Коми. Река Печора после впадения в неё реки Усы, в месте расположения с. Усть-Уса, поворачивает на запад, образуя широкое колено с двумя большими излучинами. Водность её увеличивается почти вдвое, ширина русла увеличивается до 2 км. Берега реки на исследуемой территории - пойменные, ширина поймы достигает 4,5 км. Русло реки песчано-гравийно-галечное с камнями, слабо деформирующееся. В межень ширина русла изменяется от 500 до 750 м. Глубина реки по фарватеру 1,5-3 м, в прибрежье 0,3-0,7 м, средняя скорость течения около 0,6 м/с.

Масштаб 1:500 000



0 2.5 5 10 15 20 км

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

I. Ландшафты *

- 

Лесная зона: равнины ледниковые холмисто-увалистые и волнистые расчлененные, сложенные среднеплейстоценовыми суглинками и супесями. Растительность: еловые, елово-березовые и елово-сосновые леса и редколесья, верховые болота и заболоченные земли.
- 

Лесная зона: равнины озерно-ледниковые плоские и слабоволнистые слаборасчлененные и нерасчлененные, сложенные верхнеплейстоценовыми песками и супесями. Верховые болота и заболоченные земли с елово-березовыми и еловыми редколесьями.
- 

Пойма р. Печоры и крупных притоков, сложенная аллювиальными песчано-галечными отложениями под разнотравно-злаковыми и осоковыми лугами, низинными болотами.
- 

Зона распространения многолетнемерзлых пород (штрихи в сторону ММП)
- 

Сельско-хозяйственные угодья
- 

Селитебная территория
- 

Заболоченные территории

II. Прочие

- 

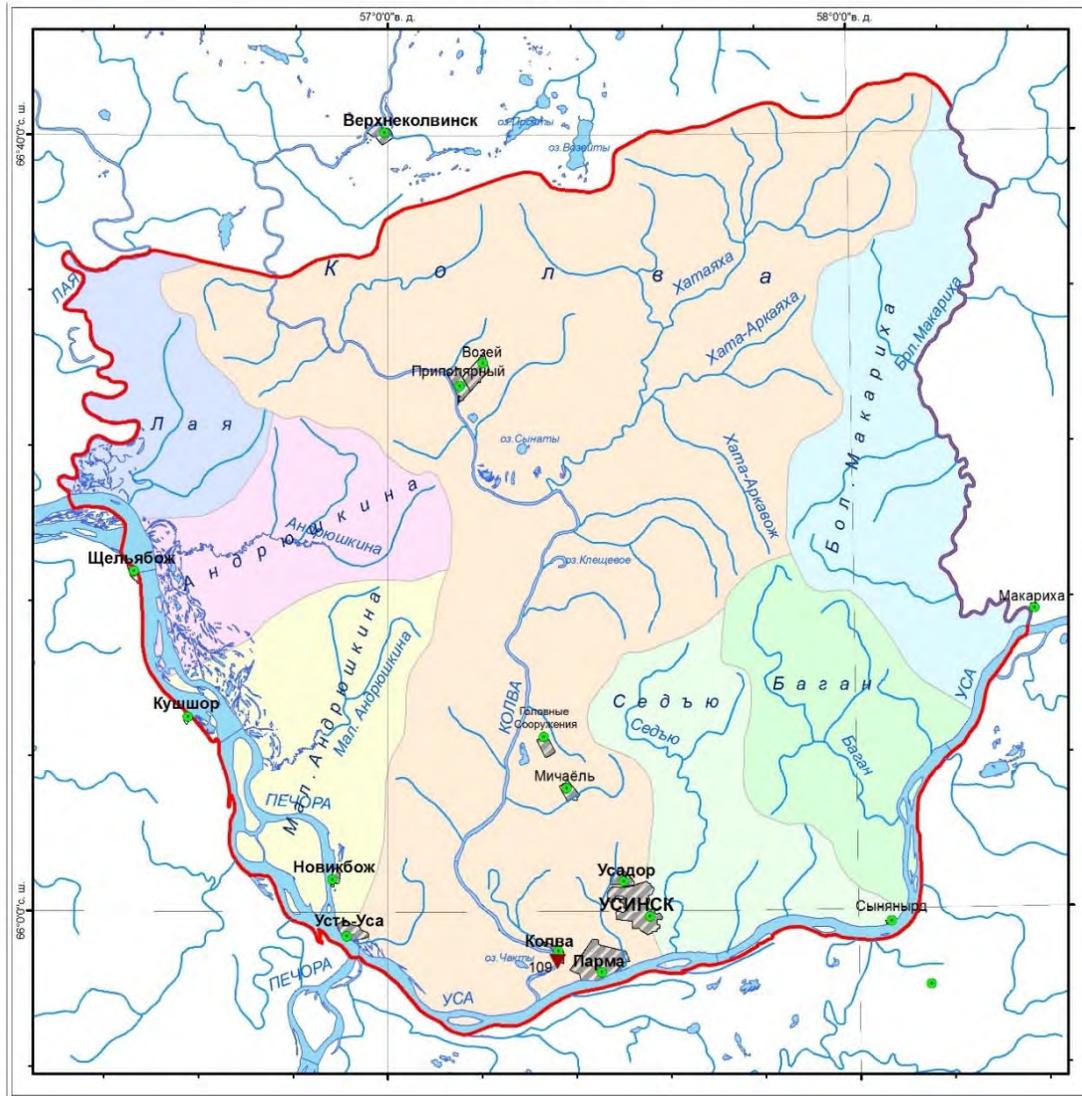
Населенный пункт
- 

Границы модели

* - данные использованы по результатам полевых работ, выполненных автором

Рис. 2.3. Карта ландшафтного районирования

Масштаб 1:500 000



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

I. Речные бассейны

- Мал. Андриюшкина
- Бол. Макариха
- Андриюшкина
- Лая
- Баган
- Седью
- Колва

II. Прочие

- 109 Гидрологический створ. Цифра - среднегодовой расход, м³/сек
- Границы модели
- Населенный пункт
- Селитебная территория

0 2.5 5 10 15 20 км

Рис. 2.4. Карта основных речных бассейнов

Река Уса является правым притоком р. Печоры, протекая с северо-востока на запад. Современное русло немного смещено к правому берегу долины. Долина реки врезана в водораздел на 40-60 м, террасирована, корытообразна, имеет ступенчатые склоны. В нижнем течении ширина долины р. Усы достигает 25-28 км. В русле реки встречаются вытянутые по направлению течения острова. Ширина русла реки 1000-1500 м, средняя глубина 2,5-3,0 м, на песчаных перекатах до 1-1,5 м. Скорость течения 3-3,5 км/час при среднем уклоне 0,00004 (4 см на 1 км.). Наиболее крупным правым притоком р.Усы является река Колва. Среднегодовой расход реки до впадения в р. Колва составляет – 1220 м³/с (табл. 2.1).

Табл. 2.1. Характеристика состояния расхода воды по данным Гидрометцентра Республики Коми

Река	Максимальный расход, м ³ /с	Среднегодовой расход, м ³ /с
Уса (до впадения р. Колва)	20540	1220
Колва (в районе устья)	2220	109

Река Колва имеет равнинный характер. Дно галечно-песчаное, валунное. Русло представляет чередование плесов и перекатов. Ширина русла реки около 200-300 м, глубина на перекатах 0,5-1,2 м, на плесах 2,4-4,6 м. Пополнение запасов воды в реках происходит за счет таяния снега, дождей – 88%, подземных вод – 12%. Основной объем годового стока обеспечивают весенние талые снеговые воды. Весеннее половодье начинается в среднем, во второй половине мая, заканчивается в первой декаде июля. Сток в течение года распределен крайне неравномерно. Объем весеннего половодья по отношению к годовому может составить до 60%. Наибольший расход в период открытого русла приходится, в среднем, на начало июня, а наименьший – на август. Подъем уровня в реках при весеннем половодье составляет от 5,98 до 12,88 м. Межень наступает во второй декаде июля и продолжается 2,5-3 месяца. Среднегодовой расход реки в районе устья составляет – 109 м³/с, расход 95% обеспеченности составляет - 56 м³/с. Значения максимальных и средних годовых многолетних расходов воды в основных водотоках рассматриваемой территории за весь период имеющихся наблюдений (1931-99 гг.) представлены в табл. 2.1. Река Колва на рассматриваемой площади, по

условиям взаимосвязи поверхностных и подземных вод, характеризуется питанием подземными водами, которые разгружаются в виде родников, мочажин и непосредственно в русло реки.

Река Хатаяха, являющаяся левым притоком р. Колвы, имеет долину шириной от 200 до 1000 м, с бортами средней крутизны. Русло реки в летнюю межень 8-14 м, средняя скорость течения – 0,35 м/с, расход реки в летний период – 8,2 м³/с, в зимний период расход сокращается на 20%, максимальный подъем уровня воды в паводок – до 3,5 м. Река Хатаяха в зимний период не замерзает.

Река Большая Макариха является правым притоком р. Усы, ширина ее долины изменяется от 0,3-0,8 до 2,5 км, борта крутые, по характеру строения долина аккумулятивная и эрозионно-аккумулятивная с большим количеством старичных озер. В летнюю межень ширина русла изменяется от 15 до 30 м, средняя скорость течения 0,46 м/с при уклоне 0,0002. В весенне-зимнюю межень расход реки составляет 2,4 м³/с, при весеннем паводке - 51 м³/с. Максимальный подъем уровня воды в реке наблюдается в мае – июне и по отношению к зимней межени составляет 4,5-6,0 м. Амплитуда колебания уровня воды в реке - до 5 м. Река Б. Макариха и ее притоки в зимнее время не замерзают.

Река Седью является правым притоком р. Уса. Впадает в реку Уса на 35 км от ее устья. Общая длина р. Седью составляет 64 км. Река имеет 28 притоков длиной до 10 км. Площадь бассейна составляет около 160 км². Долина реки Седью достигает 1 км и имеет средней крутизны берега. По характеру строения эрозионно-аккумулятивная с большим количеством старичных озер. Ширина русла реки, в летнюю межень, колеблется от 3 до 15 м. Средняя скорость течения реки 0,32 м/с при уклоне потока 0,0002. Среднегодовой расход реки, по данным многолетних наблюдений, изменяется от 2,94 до 5,14 м³/с (0,62 м³/с – расход 95% обеспеченности). Максимальный расход воды на реке формируется в результате интенсивного поступления в русло весенних талых вод. Промерзания и пересыхания реки не наблюдается. Средняя толщина льда 50-60 см. По типу питания р. Седью относится к группе снеговых, т.е. получает главную часть своего

годового стока (60-70%) за счет весенних паводковых вод, дождевое – 10-20%, подземное – до 20%.

Река Баган является правым притоком р. Уса. Ширина реки изменяется от первых десятков метров до 100 м и имеет, в основном, болота средней крутизны с часто встречающимися обрывистыми обнажениями. Ширина русла в летнее время составляет от 3 до 45 м. Средняя скорость течения 0,35 м/с. Расход реки, по данным наблюдений, в летнюю межень составляет 0,8 м³/с, в зимнюю межень снижается до 0,23 м³/с. Максимальный расход реки приходится на весенне-летний паводок и составляет 65,8 м³/с. Годовые колебания уровня воды в р. Баган составляют 3,1 м. По типу питания р. Баган относится к группе снеговых.

Река Лая является правым притоком р. Печоры, длиной 332 км. Ширина русла реки около 100-200 м, глубина от 1 до 2,5 м. Питание, преимущественно, снеговое. Замерзание реки происходит в октябре, а вскрывается во второй половине мая.

Реки Андриюшкина являются правыми притоками р. Печоры. Длина рек около 50 км. Глубина рек достигает 1 м, ширина до 9-14 м, средняя скорость течения – 0,5 м/с. В конце октября - начале ноября устанавливается ледостав и продолжается 3-4 месяца. Питание, главным образом, снеговое.

Неглубокое залегание грунтовых вод, относительно большое количество атмосферных осадков и незначительная величина испарения создают благоприятные условия для широкого развития болот. Болота и заболоченные поверхности занимают более 30% площади.

По химическому составу поверхностные воды пресные с минерализацией 0,2-0,5 г/дм³ преимущественно гидрокарбонатные натриево-кальциевые; магниевые-кальциевые-натриевые, иногда хлоридно-гидрокарбонатные натриево-натриевые.

Климат района умеренно-континентальный с коротким прохладным летом и холодной зимой с устойчивым снежным покровом. Зима является наиболее продолжительным периодом года, начинается во второй половине октября и длится до конца апреля. Количество дней со снежным покровом составляет 200-210 дней.

Плотность снежного покрова колеблется от 0,123 до 0,198 г/см³, высота 0,68-1,13 м, влагозапас 140-168 мм. С середины апреля до конца мая, начала июня характерна распутица. Продолжительность летнего периода 70-80 дней [6].

Наиболее теплый месяц – июль, среднесуточная температура воздуха свыше (+10)°С. Среднегодовая температура воздуха отрицательная (–0,5÷5,6)°С, в среднем составляя (–3,2)°С. Промерзание почво-грунтов начинается в середине октября, полное оттаивание происходит в июне. Наибольшая глубина промерзания обычно наблюдается в марте – 120-200 см. Средние температуры грунтов от (–6)°С в зимний период до (+4)°С в летний.

Среднегодовое количество осадков колеблется 380-620 мм (в среднем 495 мм) в год, из них около 50% выпадает в период с июля по сентябрь. Суточные максимумы осадков достигают 60-80 мм. На теплый период (апрель-октябрь) приходится 65-70% годового количества осадков. Среднегодовая относительная влажность воздуха 78-83%. Максимальное среднемесячное значение влажности воздуха приходится на холодный период года и достигает 86–88%. Величина испарения составляет 150-160 мм.

Радиационный фон района работ формируется в условиях малого количества солнечной радиации, не более 70-80 ккал/см². Основной приток тепла происходит за счет рассеянной радиации (около 70%).

Почвенный и растительный покров. По почвенно-географическому районированию исследуемый район относится к бореальному поясу подзолистых почв Печорской провинции. Почвы преимущественно подзолистые, под северо-таежными лесами формируются глеево-подзолистые, в долинах рек – дерново-подзолистые, на заболоченных участках – глеево-торфянистые и торфянистые. Почвообразующие породы – супеси, суглинки, пески (рис. 2.3).

Исследуемая территория расположена на границе лесотундровой зоны и подзоны крайней северной тайги. Для лесотундровой зоны характерны заросли карликовой березы с небольшими островками мелкого елово-березового леса. В подзоне крайней северной тайги преобладают еловые и елово-березовые леса с

кустарниковым подлеском, среди которых располагаются верховые и низинные болота. Для лесов характерен сплошной и довольно мощный моховой покров [98].

Хозяйственная освоенность. В исследуемом районе крупным населенным пунктом является г. Усинск, являющийся административно-хозяйственным центром. Основной транспортной магистралью в районе является конечная станция Северной железной дороги «Сыня – Усинск». Автодороги развиты повсеместно, в основном, связывая подъезды к крупным нефтяным месторождениям. Однако, асфальтированной дороги, связывающей исследуемый район с центральной Россией нет, существуют только зимники. В г. Усинск имеется аэропорт со взлетно-посадочной полосой длиной 2,5 км, способный принимать грузовой авиатранспорт. Также, в исследуемом районе осуществляется судоходство по рекам Уса и Печора.

Основными отраслями народного хозяйства в районе является нефтегазодобывающая и нефтеперерабатывающая промышленность, транспортировка нефти, добыча и реализация строительных материалов (песок, гравий и др.). Основными операторами нефтепромысла являются «Роснефть» и «Лукойл», также в районе нефтедобывающую деятельность осуществляют иностранные резиденты. Усинский район, являющийся основным центром нефтедобычи Республики Коми, обеспечивает свыше 65% производимой в республике нефти и 15% газа. На начало 2016 г. в Усинском районе открыто 44 месторождения нефти и газа, добыча нефти ведется на 31 месторождении, в их числе одни из самых крупных нефтяных месторождений Центральной части России: Возейское, Усинское и др (табл. 2.2, рис. 2.5). В период с 2006 г. по настоящее время добыча нефти в Усинском районе возросла более чем на 40% [17]. Учитывая высокую степень геологической разведанности начальных суммарных ресурсов нефти (более 77%) и характер локализованных объектов (мелкие с трудноизвлекаемыми запасами), можно отметить, что устойчивое развитие добычи здесь определяется не экстенсивным расширением минерально-сырьевой базы за счет открытия новых месторождений, а интенсификацией работ по повышению

нефтеотдачи пластов разрабатываемых месторождений и применением новейших технологий добычи.

Табл. 2.2. Крупнейшие нефтяные месторождения района

Месторождение	Год открытия	Предполагаемые полные запасы, млн. т	Остаточные извлекаемые запасы, млн. т	Добыча, тыс. т/сут.	Оператор
Усинское	1963	236	80 (2005)	5,8 (2005)	Лукойл
Возейское	1971	127	30 (2005)	2,9 (2005)	Лукойл

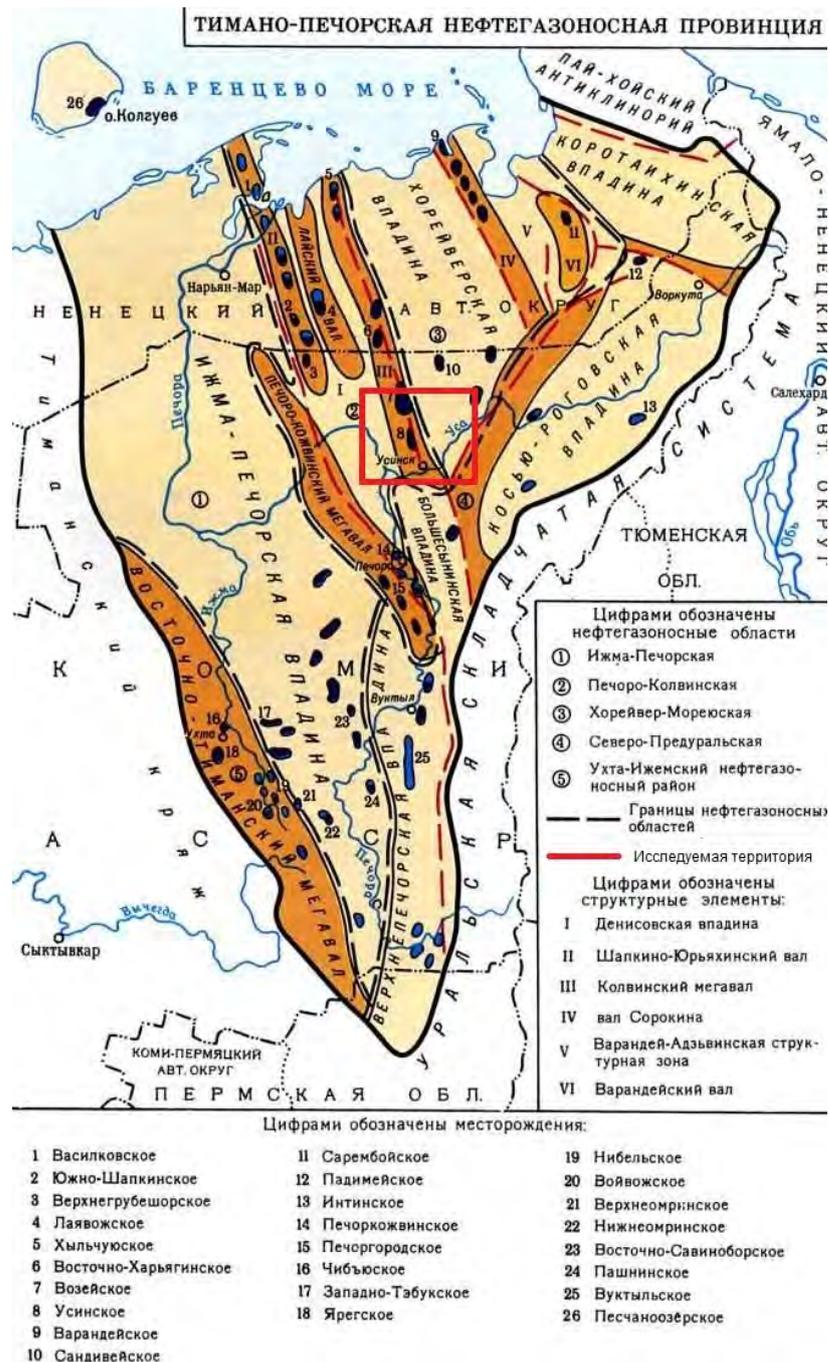


Рис. 2.5. Карта Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции

2.2. Экологические последствия антропогенного воздействия на территории восточной части Печорского артезианского бассейна

Развитие хозяйственно-промышленного комплекса в Республике Коми неизбежно оказывает негативное влияние на элементы природного каркаса территории, в особенности на поверхностные воды.

Основными факторами, оказывающими негативное влияние на природную среду исследуемой территории, являются выбросы и сбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух и поверхностные водоемы, нарушение состояния земель, а также чрезвычайные ситуации и аварии на промышленных объектах и транспортных системах. Последнее наиболее часто встречается в нефтегазовом секторе, частота фиксаций которых в Республике Коми не превышает 13-15 разливов нефти в год, причем с начала 2000-х годов наблюдается небольшая динамика увеличения аварийных ситуаций. При этом по некоторым оценкам скрывается до 70% чрезвычайных ситуаций, связанных с разливами нефти и нефтесодержащей жидкости на межпромысловых нефтепроводах. Основной причиной аварий является изношенность нефтяного оборудования и сетей нефтепроводов, а также отсутствие контроля и несвоевременное выполнение ремонтно-восстановительных работ.

Высокая антропогенная нагрузка исследуемой территории отмечается вблизи р. Колва, где сосредоточена большая часть разрабатываемых нефтяных месторождений с транспортной инфраструктурой и промышленными объектами. Эта территория относится к зоне интенсивного хозяйственного использования [52]. Именно в этом районе зафиксировано наибольшее количество аварий, ниже приведены основные из них по данным Росприроднадзора по Республике Коми и Ненецкому автономному округу и публикациям в СМИ.

В 1994 году на исследуемой территории произошла серия прорывов на нефтепроводе Харьяга – Усинск, которая была вызвана его изношенностью. По оценкам тогда вылилось около 100 тысяч тонн нефти (по некоторым данным [45] до 200 тысяч т), что позволило считать эту аварию самым крупным разливом нефти на суше. Территория была объявлена «зоной экологического бедствия». Общая

площадь загрязненных и нарушенных земель в зоне аварии составила 270,4 га земель. За период 1996-2003 гг. было рекультивировано 256,55 га загрязненных и нарушенных земель.

В ноябре 2012 г. в результате использования нелегального нефтепровода, который не был принят в эксплуатацию, нефть попала сначала в ручей Возей-Шор, а затем — в реки Колва, Уса и Печора. О происшествии стало известно только благодаря паводку в мае 2013 года, отмечается на рис. 2.6.

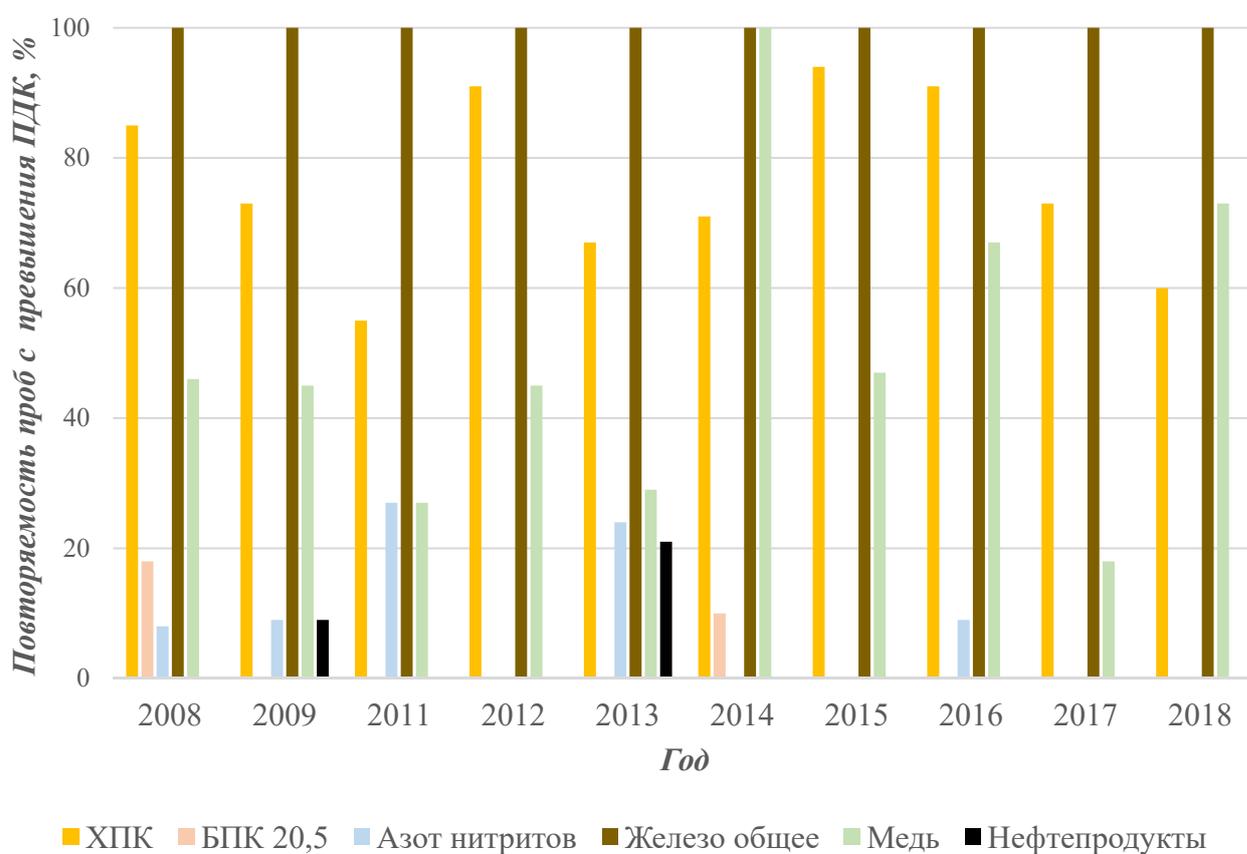


Рис. 2.6. Повторяемость случаев нарушения нормативов (ПДК) по содержанию в воде характерных загрязняющих веществ на р. Уса (гидропост р. Уса - с. Усть-Уса) за период 2008-2018 гг.

С 2020 года известно как минимум о трех крупных нефтеразливах. В августе 2020 г. после повреждения напорного нефтепровода, в октябре 2020 г. на выведенном из эксплуатации участке нефтепровода в районе Харьягинского месторождения. В мае 2021 г. на р. Колва из-за разгерметизация напорного нефтепровода на участке трубопровода от магистральной насосной станции

Ошского месторождения до ДНС-5 (дожимной насосной станции) Харьгинского месторождения в почву попало около 90 т нефтепродуктов, в реки – 9 т.

Последствия подобных аварий на нефтепромыслах становятся губительными для всей экосистемы, на восстановление которой уходят года при должном финансировании, а при его отсутствии - десятилетия.

Помимо чрезвычайных ситуаций экологические последствия на исследуемой территории также связаны с сжиганием попутных газов при газонефтедобыче. В Усинском районе с 2000-х годов отмечается тенденция увеличения объемов выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух [113]. Еще одной проблемой, присущей региону с интенсивной нефтедобычей, остается общая просадка территории и затопление земель.

Отдельно стоит отметить, что значительная часть исследуемого района находится в зоне распространения многолетнемерзлых пород, которые характеризуются нестабильностью. Малейшее антропогенное воздействие становится «спусковым механизмом» нарушения сплошности почвенно-растительного покрова, что приводит к развитию термокарста и термоэрозии, деградации криолитозоны и образованию таликов, появлению «гидрогеологических окон», неминуемому подтоплению территории и их заболачиванию, что в совокупности снижает несущую способность грунтов. Природные ландшафты и экосистемы становятся особенно уязвимыми.

За последнее десятилетие на гидрологическом режимном посту р. Уса – с. Усть-Уса, который фактически характеризует качество поверхностных вод исследуемой территории, регулярно отмечалось превышение допустимых концентраций по ряду химических компонентов (рис. 2.6): железо общее, меди, нитритам, нефтепродуктам, ХПК и др. [61]. Нестабильное качество поверхностных вод исследуемого района, а также их уязвимость к потенциальным источникам загрязнения определяют выбор в пользу подземных вод как безальтернативного источника водоснабжения [48] всей территории восточной части Печорского артезианского бассейна.

2.3. Особенности картирования и генетической интерпретации четвертичных отложений восточной части Печорского артезианского бассейна

2.3.1. Проблема картографирования северного плейстоцена

Изучение подземных вод восточной части Печорского АБ базируется на картографической обработке геолого-гидрогеологической информации, которая является единственным средством эффективного обобщения результатов более ранних работ. Рассматривать подземные воды только в пределах исследуемой территории (Усинского района) невозможно без привлечения геолого-гидрогеологических материалов, охватывающих территорию всей гидрогеологической структуры.

Геологическая изученность в пределах Печорского АБ крайне неравномерна, современные материалы, покрывающие всю территорию Печорского АБ, имеются только в мелком и обзорном масштабах, на меньшую часть бассейна имеются относительно современные геологические карты масштаба 1:200 000. В связи с этим изучение и картографирование исследуемой территории в диссертационной работе принимается на уровне масштаба 1:500 000 и базируется на генерализованной цифровой геологической основе среднего (1:200 000) и мелкого (1:1 000 000) масштабов. Материалы более детальных и обзорных исследований привлекаются для ознакомления, реже незначительных корректировок.

Основными объектами картографирования при создании гидрогеологической карты являются гидрогеологические подразделения. Трудности создания единой схемы гидрогеологической стратификации Печорского АБ связаны с тем, что его территория расположена на 8 листах масштаба 1:1 000 000: Р-39, Р-40, Q-39, Q-40, Q-41, R-39, R-40, R-41. Анализ материалов показал разную степень изученности геологического разреза на этих листах, при этом гидрогеологические карты представлены в виде мелкомасштабных схем, либо отсутствуют. Выполненный анализ всех упомянутых карт показал, что в разное время использованы существенно различающиеся по составу и наименованию подразделений схемы геологической и

гидрогеологической стратификации. Это приводит к трудностям использования результатов ранее выполненных исследований и обобщений вплоть до потери части информации. За период геологического картографирования четыре раза утверждался обязательный для всех Стратиграфический кодекс (1977, 1992, 2006, 2019 гг.) [112], а гидрогеологическая стратификация соответственно менялась в 1988, 1998, 2004 гг., последних изменений в гидрогеологической стратификации в соответствии с новым изданием стратиграфического кодекса (2019 г.) не проводилось. В связи с этим появилась необходимость создания единого гидрогеологического расчленения разреза всех скважин в соответствии с современными разработками. Единое гидрогеологическое расчленение разреза и его обоснованность является условием достоверных представлений о динамике подземных вод Печорского АБ и формировании их ресурсов.

Сопоставление карт, базирующееся в основном на использовании листов Госгеолкарты – 1000 (ГГК-1000), местами было осложнено их недостаточно четкой концептуальной увязкой, имевшей нередко формальный характер, и согласованием карт разных поколений. Карты четвертичных (плиоцен-четвертичных) образований составлялись авторскими коллективами, придерживающимися различных основополагающих в геологии квартера концепций — «гляциологической» (классическая модель) и «маринистической», что усложняет выделение гидрогеологических подразделений как по генезису, так и по возрасту [39]. В табл. 2.3 приведены ГГК-1000/3 (3-его поколения), охватывающие территорию Печорского АБ, и их теоретические предпосылки.

Табл. 2.3. Перечень геологических карт 3-го поколения на территории Печорского АБ

<i>Гляциолистская теория</i>	<i>Маринистская теория</i>
Р-39 – Сыктывкар [95]	Р-40 — Североуральск [32]
Q-39 – Нарьян-Мар [96]	Q-40 – Печора [20]
	R-39,40 – о. Колгуев [46]
	Q-41 — Воркута [33]
	R-41 – Амдерма [117]

Период развития различных теорий картографирования четверти представлено на рис. 2.7.

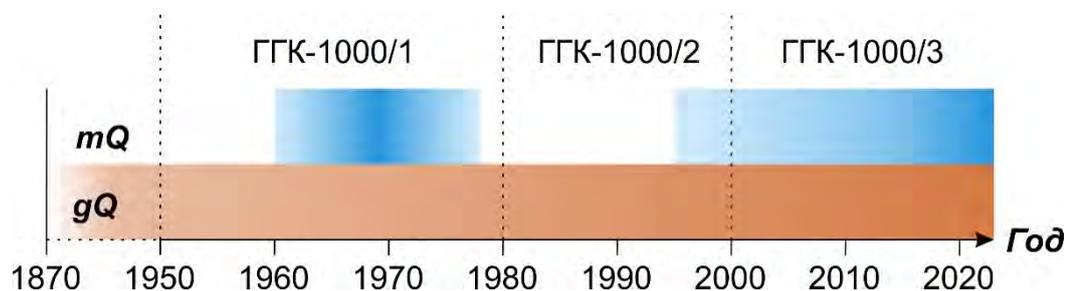


Рис. 2.7. Основные периоды развития гляциологической и маринистической концепций картографирования геологии четверти

Вопросы картографирования северного плейстоцена на основе климатостратиграфического принципа расчленения геологического разреза («гляциолистическая» теория) изложены в современных исследованиях Е.В. Шанцера, Ю.А. Лаврушина, В.И. Астахова, Д.В. Назарова, Л.Р. Семеновой, М.А. Спиридонова, В.К. Шкатовой, И.И. Краснова, А.С. Застрожнова, Г.А. Чернова, А.С. Лаврова и др.

Согласно теории возраст терригенной формации северного плейстоцена, как правило, не выходит за пределы 0,8 млн лет, и сопоставим с образованиями североамериканских и североамериканских равнин, которые с XIX в. считаются ледниковыми. В основу теории положен климатостратиграфический принцип расчленения разреза, который отражает фундаментальный историко-геологический факт чередования глобально синхронных ледниковых эпох и разделяющих их межледниковых морских трансгрессий [69]. Такой подход делает создаваемые карты четвертичных образований коррелируемыми по всему миру. Синхронность палеоклиматических ритмов с колебаниями орбитальных параметров позволяет датировать климатостратиграфические горизонты в терминах астрономической шкалы [18,114,128].

Подтверждение теории находят как в детальных исследованиях различных международных исследовательских экспедиций 1993–2009 гг. в рамках европейской координационной программы QUEEN на пространстве от Белого моря до моря Лаптевых [129,130,133], так и в работах ВСЕГЕИ по средне- и

мелкомасштабному картографированию территории Российской Федерации. Особое внимание стоит уделить работе по картированию четвертичных образований всей территории РФ в масштабе 1:2 500 000 [60,124], которая была удостоена Правительственной награды.

С 1960-х годов развивалась новая «маринистская» теория, отрицающая цикличное чередование покровных оледенений и межледниковых морских трансгрессий на территории арктического шельфа. Согласно этой теории, развитие северных территорий связано с перманентной трансгрессией Ледовитого океана, которая была осложнена ледниками, сползавшими с палеозойских кряжей и гор (для территории Печорского АБ – Тиманский кряж, Уральские горы). В основу этой теории положено определение «морских уровней», возрастная привязка отражающих горизонтов и сейсмокомплексов осуществляется на основе кривой колебаний уровня Мирового океана [35]. Существование морской теории подкрепляется наличием фауны, присущей морскому осадконакоплению и определяющей возраст отложений, датированный неоген-четвертичным периодом.

Развитие «антигляциалистической» теории нашло в современных работах Е.А. Гусева, П.В. Реканта, Д.А. Костина, Н.В. Маркиной, В.В. Шарина, Д.Е. Доречкиной, Д.В. Зархидзе и др.

Проблема картографирования северного плейстоцена имеет исключительно отечественное происхождение. Проблема диагностики мощных кластогенных толщ связано с труднодоступностью северных территорий, недостаточностью фактического материала, спецификой изучения арктических территорий, где приоритет отдается глубокозалегающим геологическим подразделениям с целью газо- и нефтедобычи, а также с дефицитом специалистов в области четвертичной геологии [2].

На рис. 2.8. приводятся схемы соотношений четвертичных (неоген-четвертичных) образований в пределах Печорского бассейна, выполненные в различных концепциях. Идентичные толщи представлены не только разновозрастными осадками (неоплейстоценовые и преимущественно плиоцен-

эоплейстоценовые), но и различного генезиса (ледниковые, морские, озерно-ледниковые, аллювиальные и морские, аллювиально-морские).

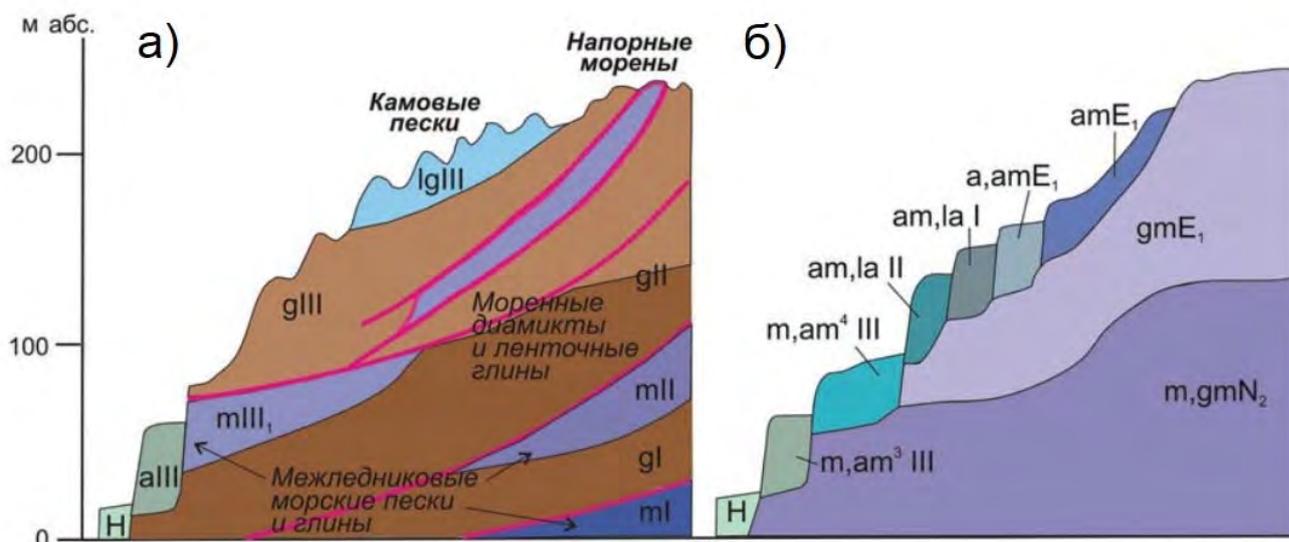


Рис. 2.8. Схемы соотношений четвертичных (неоген-четвертичных) образований в пределах Печорского бассейна: а) гляциалистическая концепция; б) маринистическая концепция

В рамках диссертационного исследования выбор геологической концепции осадконакопления в кватерне является основополагающим для создания единой гидрогеологической стратификации разреза четвертичных отложений Печорского АБ. Ниже приведены основные положения в пользу «гляциалистической» теории с геологических позиций, в главе 2.3.2 рассмотрены позиции с точки зрения гидрогеологической стратификации:

1. Наличие морской фауны в отложениях, определяющие возраст. Четвертичные морены с переотложенной морской фауной давно известны во многих регионах, например, хорошо изучена ракушняковая морена (shelly till) Ирландского моря, однако только на нашем севере эти местные литологические особенности использовались для отрицания ледниковой теории [2].
2. Несопоставимость морских трансгрессии на территории СССР одновременно с мощным оледенением западного полушария и Фенноскандии.

3. Гипотезы о молодой тектонике, не имеющих аналогов в центральной и западной частях Русской плиты, объясняющие высокие морские уровни на северных территориях и их отсутствие на юге России.
4. Неувязка палеоклиматостратиграфического развития территории с выделяемыми стратонами.
5. Многочисленные мощные залежи реликтового глетчерного льда в диамиктонах области вечной мерзлоты, имеющие структуры течения и деформации, наблюдаемые в моренах.
6. Выклинивание четвертичных отложений в сторону моря.
7. «Языки» течения конечных морен, которые отчетливо дешифрируются методами дистанционного зондирования.
8. Современные результаты лабораторных исследований, которые подкрепляют возраст геологических подразделений. Геохронометрические данные получены новейшими методами: оптически стимулированной люминесценцией (OSL), радиоуглеродным с использованием ускорительной масс-спектрометрии (AMS), космогенным нуклидов (^{10}Be) и др. [60,134].
9. Несопоставимость материалов ГГК-1000 1-ого и последующих поколений. «Все исследователи в течение 80 лет, начиная с классиков отечественной геологии, грубо ошибались, а высокие (более 200 м) плато состоят из плиоценовых и эоплейстоценовых морских отложений?» [2]

2.3.2. Основные принципы гидрогеологической стратификации

Вопросы гидрогеологической стратификации приобретают все большее научное и прикладное значение в связи с возрастающим использованием подземных вод в водоснабжении населения и постоянным ростом объема гидрогеологической информации. Гидрогеологическая стратификация представляет собой основу достоверной оценки условий обводненности геологического пространства, установления и изучения гидрогеодинамической, гидрогеохимической и гидрогеотермической зональности [68]. Разработка и

совершенствование принципов гидрогеологической стратификации диктуется также необходимостью использования и сопоставления результатов разноплановых и разномасштабных гидрогеологических исследований (гидрогеологических съемок, геофизических исследований, поисково-разведочных работ на пресные, минеральные, лечебные и промышленные воды, нефть, газ и другие полезные ископаемые).

Вопросам гидрогеологического расчленения разреза в разное время посвящены работы Ф.П. Саваренского, М.С. Васильевского, А.С. Рябченкова, М.Е. Альтовского, И.К. Зайцева, В.С. Саванина, М.Р. Никитина, В.А. Всеволожского, К.П. Караванова, Б.Е. Антышко, Л.Г. Соколовского, Г.В. Куликова, В.Н. Островского, Л.А. Островского, О.Н. Толстихина, Н.М. Фролова, Р.К. Шахновой, В.А. Барона, С.Л. Пугача и многих других.

Анализ различных схем гидрогеологической стратификации и их принципов позволил сформулировать основные ее постулаты, выдвигаемые в различных работах:

1. Для всех видов гидрогеологических исследований (региональные, поисково-оценочные и разведочные работы, мониторинг состояния недр и др.) должны быть единые принципы и схемы гидрогеологической стратификации.

2. Выделение «гидрогеологической единицы» должно определяться ее пространственным расположением относительно других элементов геологической среды (рис. 2.9):

а) гидрогеологическая единица имеет пространственно-временную (геохронологическую и стратиграфическую) привязку – горизонт и его производные: комплекс, этаж;

б) гидрогеологическая единица имеет временную (геохронологическую) привязку – зона;

в) гидрогеологическая единица имеет пространственную привязку – тело. На сегодняшний день не является объектом регионального гидрогеологического изучения;

г) гидрогеологическая единица не имеет ни пространственную, ни временную привязку – объект не исследован.

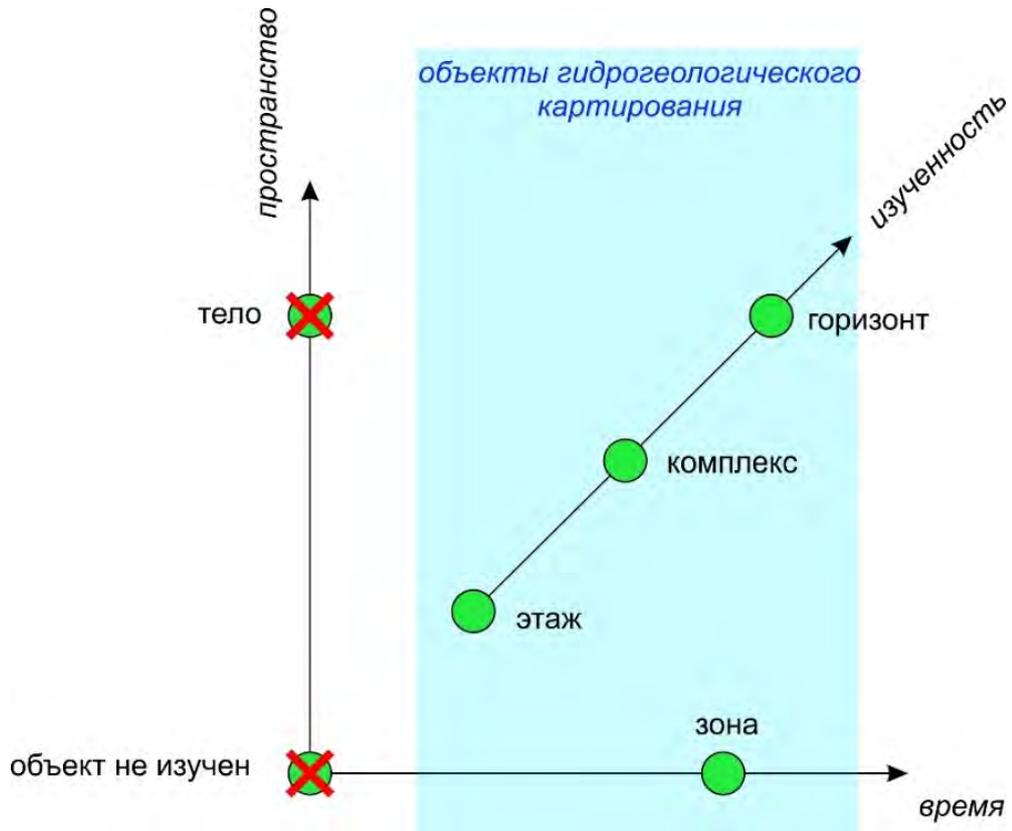


Рис. 2.9. Критерий 1 «гидрогеологическая единица»

3. Выделяемые гидрогеологические единицы должны охватывать всю изученную часть геологического разреза (рис. 2.10): безводную и обводненную, содержащую подземные воды любого агрегатного состояния.

а) безводная – зона аэрации, на сегодняшний день не является объектом регионального гидрогеологического изучения;

б) обводненная:

- газ – на сегодняшний день не является объектом регионального гидрогеологического изучения;

- жидкость – вне пределов развития ММП;

- лед – в пределах развития ММП.



Рис. 2.10. Критерий 2 «агрегатное состояние»

На основе критериев 1 и 2 можно выделить 3 степени изученности в зависимости от гидрогеологической единицы и ее агрегатного состояния (рис. 2.11).

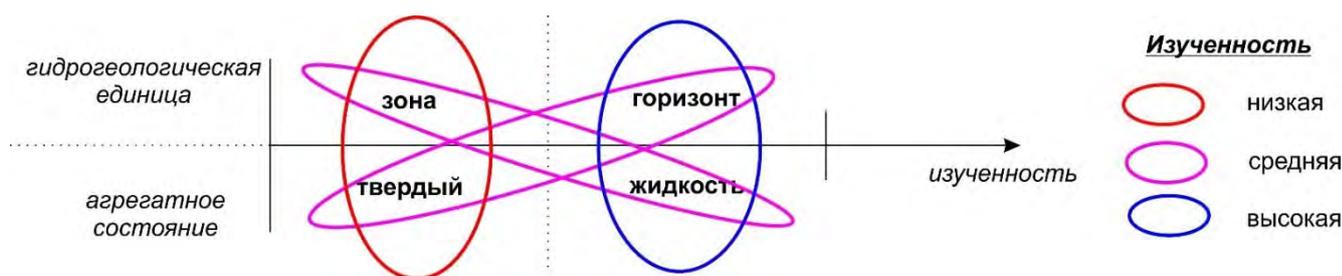


Рис. 2.11. Степень изученности на основе гидрогеологической единицы и агрегатного состояния

4. Гидрогеологическая стратификация должна основываться на строгом соблюдении соподчиненности классификационных категорий, учитывающей совокупность признаков сходства и различия и отражающей объективную способность геологического тела «принимать», «пропускать» и «отдавать» подземные воды. В действительности горные породы могут быть:

а) водоносные: способными принимать подземные воды (быть водонасыщенными), пропускать их (быть водопроницаемыми) и отдавать (быть водоносными);

б) слабоводносные: способными принимать подземные воды (но быть неводонасыщенными), пропускать их (быть водопроницаемыми), но не способными отдавать подземные воды (быть неводоносными);

в) относительно водоупорные: способными принимать подземные воды (быть водонасыщенными), слабо пропускать их (быть слабопроницаемыми) и почти не способными отдавать подземные воды (являться неводоносными);

г) водоупорные: не способными принимать подземные воды (являться безводными), не способными пропускать воду (быть водонепроницаемыми) и совершенно не способными отдавать подземные воды (являться водоупорами).

Для подразделений с низкой и средней степенью изученности (см рис. 2.11) справедливо упрощать обводненность гидрогеологического пространства (рис. 2.12).

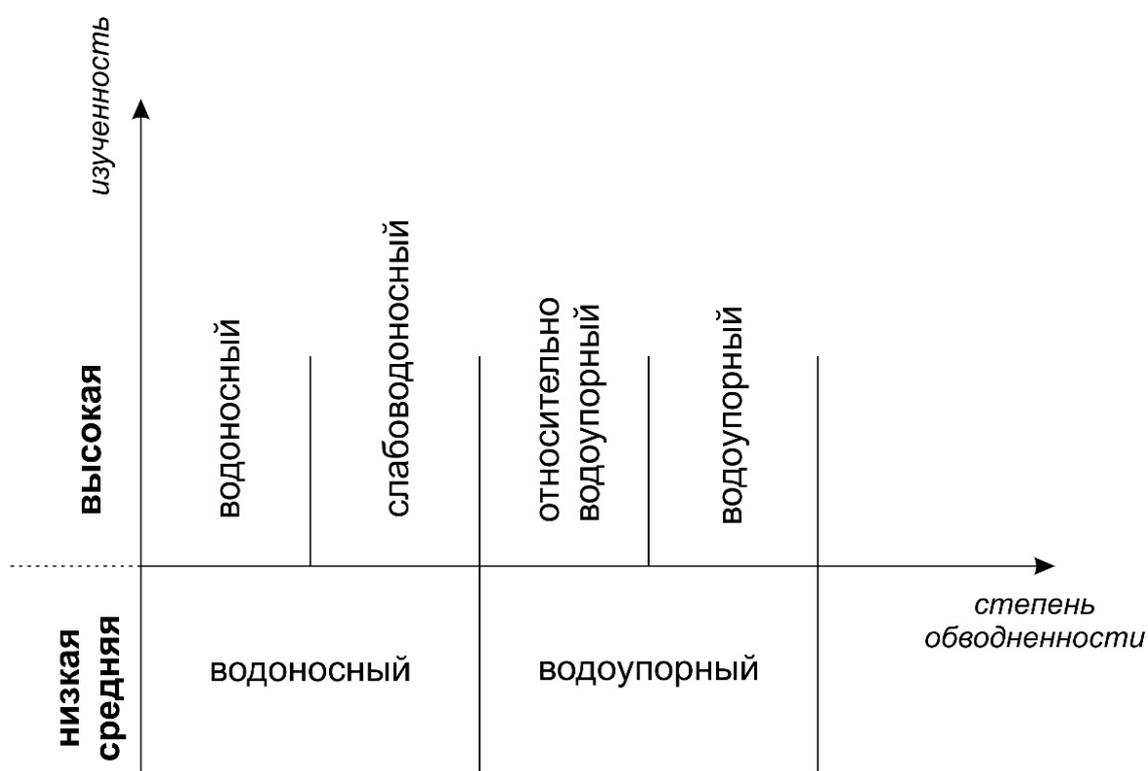


Рис. 2.12. Критерий 3 «степень обводненности»

На основе вышесказанного в диссертационном исследовании предложено использовать авторскую трехмерную гидрогеологическую стратификацию (рис. 2.13):

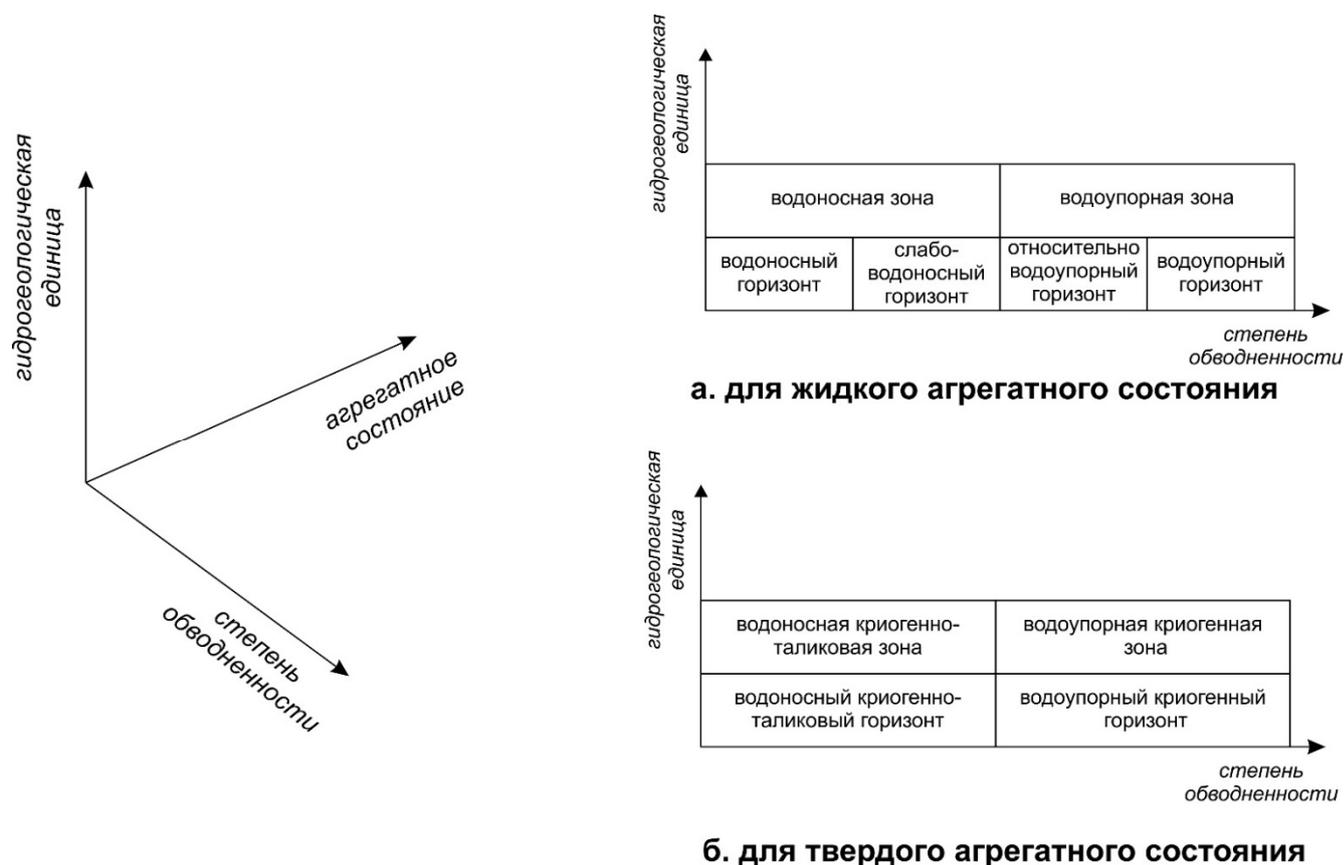


Рис. 2.13. Трехмерная гидрогеологическая стратификация

Проведение гидрогеологической стратификации исследуемой территории выполнено на основе данных по геологическому строению, гидрогеологическим, гидрохимическим и геокриологическим условиям. На основе собранных материалов в структурированном фонде геолого-гидрогеологической информации (см. главу 3) проанализированы все схемы гидрогеологической стратификации, выполненных при съемочных, тематических, реже поисково-оценочных работах. Учитывая, что гидрогеологическая информация охватывает достаточно длительный период, в течение которого неоднократно уточнялся Стратиграфический кодекс России, все ретроспективные гидрогеологические схемы стратификации приведены в соответствие с «Общей стратиграфической шкалой» (Стратиграфический кодекс, 2006; Постановления МСК...2012, 2013, 2016) [91,101].

Основными критериями выделения гидрогеологических подразделений являются:

- фациально-литологический состав горных пород и характер их проницаемости, определяющие наличие в геологическом разрезе водоносных и водоупорных гидрогеологических объектов гидрогеологической стратификации;
- гидрогеодинамические условия структур, определяющие формирование в геологическом разрезе этажно расположенных водоносных и водоупорных гидрогеологических подразделений, характеризующихся индивидуальными особенностями питания, движения и разгрузки подземных вод, создающие общую уровенную поверхность и определяющие гидродинамические и гидрогеохимические особенности формирования подземных вод;
- характер гидравлической связи между смежными подразделениями, содержащими подземные воды;
- единство и направленность подземного стока от области питания к базису конечной разгрузки.

На основании этих критериев таксономический ряд объектов приведен в соответствии с трехмерной гидрогеологической стратификацией (рис. 2.13) и с учетом [21,57]. Отдельно учтены гидрогеологические подразделения в зоне развития многолетнемерзлых пород. Ниже приведено описание характерных типов гидрогеологических подразделений для исследуемой территории.

Водоносный горизонт – проницаемое, регионально распространенное постоянно обводненное гидрогеологическое подразделение с общим потоком и поверхностью уровней подземных вод и, ограниченное водоупорными или относительно водоупорными гидрогеологическими подразделениями (телами), представляющее собой самостоятельную гидродинамическую систему.

Водоупорный горизонт - водонепроницаемое регионально распространенное гидрогеологическое подразделение, разделяющее выше- и нижезалегающие водоносные подразделения. Водоупорный горизонт может быть безводным

(галоге́нные толщи, массивные нетрещиноватые породы) или содержать связанную воду (глины).

Относительно водоупорный горизонт – слабопроницаемое, регионально распространенное гидрогеологическое подразделение, через которое происходит вертикальная фильтрация подземных вод, обусловленная разностью градиентов напоров между смежными граничащими с ним водоносными горизонтами. Автором данный таксон уточняется и принимается в соответствии с [78], где относительно водоупорный горизонт – слабопроницаемое регионально выдержанное гидрогеологическое тело, характеризующееся преимущественно вертикальной фильтрацией, обусловленной градиентом напора подземных вод между смежными водоносными горизонтами. Таким образом, принимается, что относительно водоупорный горизонт – это регионально выдержанное гидрогеологическое подразделение, преимущественно сложенное непроницаемыми (слабопроницаемыми) породами, но локально замещающимися проницаемыми породами, распространенных в виде линз и слоев ограниченной протяженности.

Проблема гидрогеологического расчленения разреза на обособленные водоносные и слабопроницаемые толщи при различных концепциях осадконакопления в квартере для Печорского АБ ранее не обсуждалась, в диссертационной работе рассматривается впервые.

Гидрогеологическое расчленение разреза на геологической основе, выполненной в маринистской концепции, является как минимум затруднительным, так как большинство основных подразделений плиоцен-эоплейстоценового возраста имеет пестрый литологический состав: один стратон может включать в равных пропорциях глинистую и песчаную составляющие. Например, стратон Роговской серии (нижний эоплейстоцен) представлен алевритами, глинами, суглинками с включением гравия, гальки, в основании базальная пачка – войские слои, представленные песками [20]. При этом «войские слои» отдельным стратоном не вычленяются. Также стоит отметить, что использование местного стратиграфического подразделения «роговская свита» было упразднено в 1986 г.

[105] в связи с тем, что в разных районах Печорской низменности к ней относились отложения разного возраста (от низов среднего плейстоцена до верхов верхнего плейстоцена включительно) и генезиса (моренные, аллювиальные, озерные, морские). Аналогичная ситуация прослеживается с геологическими подразделениями плиоцена и гелазия. В результате геологический разрез по маринистской теории – это выдержанная толща, зачастую описанная одним или несколькими горизонтами, мощностью от 70-100 до 200-250 м, представленная алевритисто-песчано-глинистыми отложениями (рис. 2.14), которая по характеру водопроницаемости соответствует слабопроницаемым гидрогеологическим подразделениям (относительно водоупорному горизонту) эполейстоцен-плиоценового возраста. А это противоречит данным поисково-оценочных работ, по результатам которых в пределах Печорского АБ оценено более полусотни месторождений подземных вод на четвертичные водоносные подразделения.

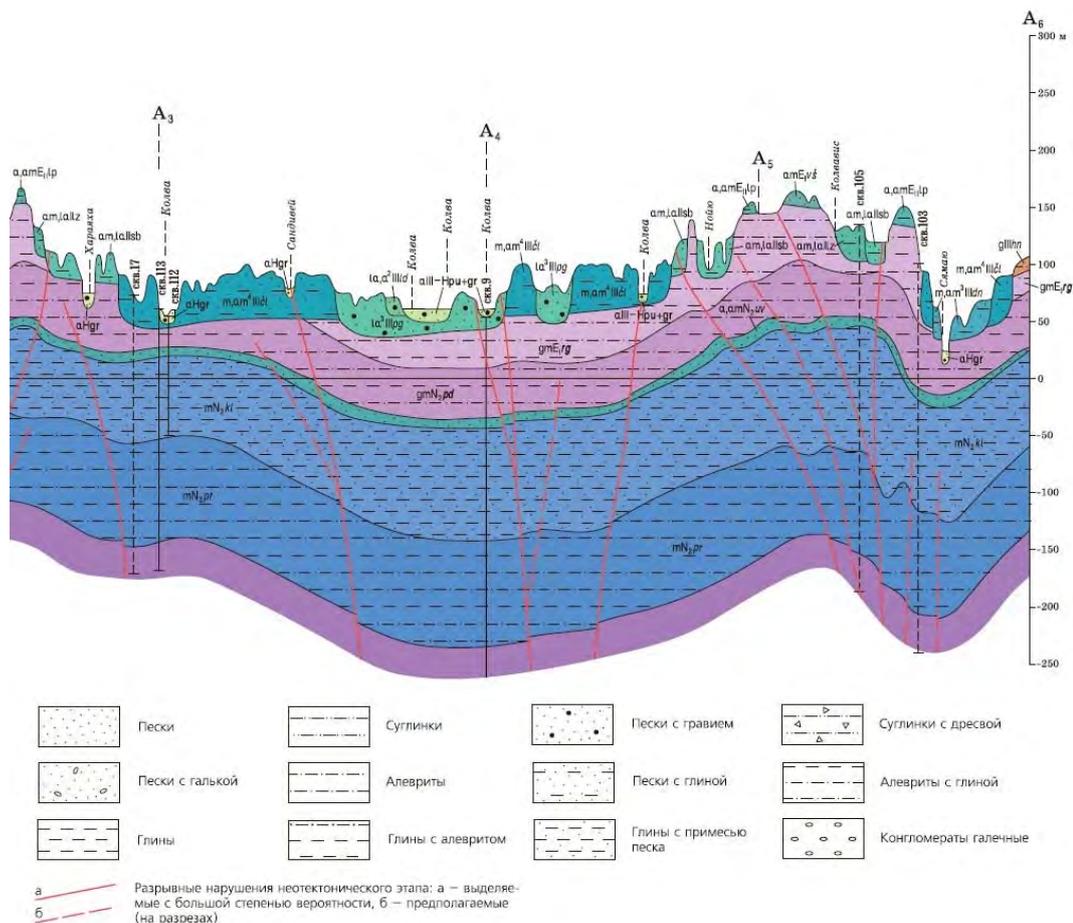


Рис. 2.14. Геологический разрез (выкопировка из геологической карты по листу Q-40 [20]), проходящий в 80 км северной от исследуемой территории

В гляциолистической концепции территория Печорского АБ характеризуется ритмичным строением: неслоистые диамиктоны нескольких генераций переслаиваются со сложно построенными хорошо сортированными водными отложениями различного генезиса [60]. В целом по палеоклиматическим ритмам (холодным и теплым периодам – ледниковым и межледниковым) довольно отчетливо прослеживается цикличность средне-мелкодисперсных (супесчано-суглинистых) и средне-крупнодисперсных (супесчано-песчаных) отложений [1,3]. Таким образом по палеоритмам можно проводить первичную оценку степени водопроницаемости отдельных геологических стратонов, по которой ледниковые периоды соответствуют слабопроницаемым породам, а межледниковые – хорошо проницаемым.

Важным моментом остается необходимость учитывать по отдельности каждый палеоритм (малый цикл: 1 ледниковый, 1 межледниковый период) или стоит группировать их в большие циклы (большой холодный цикл включает 2 ледниковых периода и 1 межледниковый; большой теплый цикл – 2 межледниковых периода и 1 ледниковый). Выделение гидрогеологических подразделений по большому циклу должно объясняться либо отсутствием фактического материала, либо маломощным осадконакоплением в пределах одного или нескольких (характерно для верхнего неоплейстоцена) палеоритмов.

Также во внимание стоит принять, что смена палеоритма происходит не единомоментно, а с некоторой продолжительностью. В переходных периодах между ритмами происходит осадконакопление, соответствующее предыдущим или последующим ритмам. Особенно это характерно в холодные периоды, где условно можно выделить 3 стадии: предледниковая стадия – накопление преимущественно озерно-ледниковых отложений; ледниковая – морены (тиллы); постледниковая – флювиогляциальные, реже озерно-ледниковые отложения. По литологическому составу пред- и постледниковые стадии близки к межледниковым осадкам. Таким образом, отложения переходных периодов можно считать водопроницаемыми, а в соответствии с критериями выделения гидрогеологических подразделений они

образуют единую гидрогеологическую единицу со смежными геологическими стратонами межледниковья.

В результате для северного плейстоцена можно предложить универсальную гидрогеологическую стратификацию (рис. 2.15). Подобное расчленение гидрогеологического разреза характерно не только для исследуемого региона, но и территории Московской и Брянско-Воронежской серии листов гидрогеологических карт.

Отдельно стоит учитывать распространение многолетнемерзлых пород и их взаиморасположение с выделяемыми гидрогеологическими подразделениями. При этом распространение в разрезе и по латерали многолетнемерзлых пород весьма дискуссионный вопрос на исследуемой территории, однозначно утверждать степень и глубину развития ММП в конкретно взятой точке без должного фактического материала невозможно. В связи с этим, предлагается упрощать гидрогеологическую стратификацию в зоне ММП: водопроницаемые подразделения – водоносные (криогенно-таликовые) горизонты; слабопроницаемые – водоупорные (криогенные) горизонты.

Корреляционные геологические схемы, по которым была бы возможность увязать картографическую продукцию северных регионов, выполненную в различных концепциях квартера, на сегодняшний день отсутствуют. Увязка геологических материалов с целью гидрогеологического картографирования требует большой объем работ по сопоставлению разных схем стратификации, гидрогеологическому расчленению разреза скважин и переинтерпретации данных опробования с новыми расчетами гидрогеологических параметров. Основные принципы гидрогеологической стратификации северного плейстоцена подразумевают творческий авторский подход, включающий поиск косвенных признаков с анализом огромных массивов данных.

Общая стратиграфическая шкала кватера России (МСК, 2008, 2012, с изменениями 2013)					Гидрогеологические подразделения				
Система	Наораздел	Раздел	Звено	Ступень	«малого цикла»		«большого цикла»		
					без выраженного переходного периода	с выраженным переходным периодом	без выраженного переходного периода	с выраженным переходным периодом	
ЧЕТВЕРТИЧНАЯ (КВАРТЕР) Q	Голоцен				laH	la,lg,fIII ₄ -H	laH	la,lg,fII ₆ -H	
	Плейстоцен P	Неоплейстоцен NP	Верхнее III	III ₄	gIII ₄	gIII ₄	laIII		gII ₄₋₆
				III ₃	laIII ₃	la,lg,fIII ₂₋₄			
				III ₂	gIII ₂	gIII ₂			
				III ₁	laIII ₁	la,lg,fII ₆ -III ₂			
			Среднее II	II ₆	gII ₆	gII ₆	laII ₁₋₃	gI ₈	
				II ₅	laII ₅	la,lg,fII ₄₋₆			
				II ₄	gII ₄	gII ₄			
				II ₃	laII ₃	la,lg,fII ₂₋₄			
				II ₂	gII ₂	gII ₂			
				II ₁	laII ₁	la,lg,fI ₈ -II ₂			
				II ₁	laII ₁	la,lg,fI ₈ -II ₂			
			Нижнее I	I ₈	gI ₈	gI ₈	gI ₈		

Рис. 2.15. Схема гидрогеологической стратификации северного плейстоцена. Голубым цветом – водоносный горизонт; красным – относительно водоупорный горизонт

Во-первых, привлечение материалов обзорного картографирования, в частности «Карты четвертичных образований территории РФ масштаба 1:2 500 000» [60], которые дополняются среднемасштабным картографированием и коррелируются с детальными исследованиями поисково-оценочных работ на

подземные воды. При решении дискуссионных вопросов и разработке легенды привлекался анализ ранее изданных обзорных и мелкомасштабных карт страны.

Во-вторых, помимо картографических материалов использование информации по геологии квартера, содержащейся в опубликованных работах в первую очередь касающихся описания геологических разрезов с новыми хронометрическими, палеонтологическими, палеомагнитными данными, уточняющими возраст отображенных на карте стратиграфо-генетических таксонов [39].

В-третьих, поиск в разрезе стратиграфических реперов: для исследуемой территории межледниковые родионовский и сулинские горизонты, предположительно выделяемые в маринистской концепции как роговская серия.

В-четвертых, привлечение статистического анализа для определения принадлежности основных геолого-гидрогеологических характеристик (гипсометрия, литологический состав, фильтрационные параметры и др.) к выделяемым стратонам.

В процессе выделения необходимо сохранять целостность геологического разреза, не упуская маломощные формации, и сочленять их с выделяемыми гидрогеологическими подразделениями. Окончательная гидрогеологическая стратификация сформировалась только после нескольких итераций исходной информации по принципу: целое – частное, частное – целое.

2.3.3. Стратиграфия

Исследуемая территория расположена в трех тектонических структурах I-го порядка с запада на восток: Денисовский прогиб, Колвинский мегавал и Хоревейрская мегавпадина (рис. 2.5).

Денисовский прогиб простирается в северо-западном направлении длиной более 400 км, шириной от 40 до 70 км. По форме это ассиметричная впадина. Денисовский прогиб представлен отложениями палеозоя, мезозоя и кайнозоя, суммарной мощностью до 6-7 км.

Колвинский мегавал простирается в северо-западном направлении длиной более 300 км, шириной от 30 до 40 км. В северной части мегавала, вблизи экваторией Печорского моря, простирание меняется на субширотное. Колвинский мегавал осложнен высокоамплитудными региональными разломами (Западно-Колвинский и Восточно-Колвинский), отделяющими мегавал от смежных структур (Денисовской и Хоревейрской впадины).

Хоревейрская мегавпадина по строению - асимметричная. Влияние древнего Большеземельского палеосвода выразилось в длительных стратиграфических перерывах. А также на границах структурных этажей наблюдаются размывы, по амплитуде – достаточно глубокие. Наибольшее погружение мегавпадины наблюдается вдоль Восточно-Колвинского разлома Колвинского мегавала. Спокойное залегание пород, которые погружаются в сторону шельфа (на север, северо-запад), характеризуют современный структурный план впадины [20,26,157ф].

В геологическом строении исследуемой территории участвуют отложения протерозойской, палеозойской и кайнозойской эратем. В пределах восточной части Печорского АБ пресные и слабосоленоватые (реже соленые) подземные воды сосредоточены в триасовых, юрских и четвертичных отложениях. Исходя из задач и целевого назначения исследований, направленных в основном на изучение геолого-гидрогеологических условий верхней части разреза, в работе рассматриваются отложения кайнозойского возраста (четвертичного) в зоне активного водообмена, как наиболее перспективных в отношении перспективного водоотбора [157ф].

Геологическое строение четвертичных отложений территории Печорского региона освещено в работах В.И. Астахова, В.И. Белкина, Б.И. Гуслицера, И.Д. Данилова, В.С. Зархидзе, Л.А. Кузнецовой, А.С. Лаврова, Э.И. Лосевой, Л.М. Потапенко, И.Н. Семенова, А.Н. Симонова, А.Н. Степанова, А.И. Юдкевича, В.Л. Яхимович и других исследователей. В соответствии с гляциолисторической концепцией осадконакопления на исследуемой территории ниже приводится геологическая стратификация.

Четвертичные отложения на исследуемой территории представлены нижненеоплейстоценовыми (колвинской свитой коми-пермяцкого надгоризонта), средненеоплейстоценовыми (чирвинский горизонт и тимано-уральский надгоризонт), верхненеоплейстоценовыми (сулинский, лайский, бызовский и полярный горизонты) и голоценовыми отложениями (рис. 2.16).

Нижненеоплейстоценовые отложения представлены ледниково-морскими и морскими отложениями (*gm, ml*) колвинской свиты коми-пермяцкого надгоризонта и залегают на размытой поверхности дочетвертичных пород. Отложения распространены не повсеместно, часто размыты и заполняют палеорельеф. Кровля вскрывается на глубине от 70 до 140 м, полная вскрытая скважинами мощность достигает 50 м. Отложения представлены суглинками, глинами и песчано-алевритовыми породами серого и светло-серого цвета с линзовидными прослойками тонкозернистого алевритистого песка.

Средненеоплейстоценовые отложения включают чирвинский горизонт и тимано-уральский надгоризонт (вычегодский, родионовский и печорский горизонты).

Чирвинский горизонт (*la, am II čr*) сложен озерно-аллювиальными и аллювиально-морскими отложениями, которые залегают с размывом на коми-пермяцких, реже дочетвертичных отложениях. Горизонт имеет повсеместное распространение. Литологически отложения представлены песчано-гравийно-галечной толщей с тонкими прослоями супесей и суглинков. Кровля вскрывается на глубине от 40 до 100 м, вскрытая скважинами мощность составляет от 20 до 50 м (в среднем 35 м).

Тимано-уральский надгоризонт (*g, gm III tu*) представлен отложениями печорского, родионовского и вычегодского возраста. Отложения распространены повсеместно и представлены суглинками темно-серыми плотными, содержащими гравий и гальку, отмечены многочисленными слоями песков, глин и супесей. Отмечается значительное литологическое разнообразие песчаных: от гравелистых крупнозернистых песков, содержащих гравий и гальку, до глинистых и пылеватых

песков и супесей, переходящих в прослой глин и суглинков. Мощность отложений тимано-уральского надгоризонта колеблется от 30 до 90 м.

Печорский горизонт (g, gmIIpč). Ледниковые и ледниково-морские отложения печорского горизонта сложены в основном суглинками и глинами с включениями гальки и гравия. Мощность пород около 40 м.

Родионовский горизонт (la, amIIrd). Озерно-аллювиальные и аллювиально-морские отложения представлены терригенными фациями – песками в разной степени глинистыми с прослоями супесей и суглинков мощностью до 30 м.

Вычегодский горизонт (g, gmIIvč). Ледниковые и ледниково-морские отложения развиты повсеместно, на водоразделе выходят на дневную поверхность и сложены преимущественно суглинками бурыми с прослоями супесей, мощностью до 35 м. В верхней части разреза отмечаются отложения флювиогляциального генезиса, представленные песчанистой фацией.

Верхнеплейстоценовые отложения приурочены к сулинскому, лайскому, бызовскому и полярному горизонтам.

Сулинский горизонт (amIIIsl). Аллювиально-морские отложения распространены почти повсеместно, исключая район мусюра, где на дневную поверхность выходят тимано-уральские (вычегодские) осадки. Отложения характеризуются разнообразием литологического состава: пески, супеси и суглинки взаимозаменяющиеся по разрезу и по площади. Общая мощность отложений от 1 до 15 м.

Лайский горизонт (laIII). Озёрно-аллювиальные отложения лайского горизонта развиты повсеместно, исключая район мусюра, где на дневную поверхность выходят тимано-уральские (вычегодские) осадки. Отложения лайского горизонта представлены песками, суглинками, глинами, алевролитами и песчано-гравийно-галечными образованиями. Общая мощность отложений до 15 м.

Сулинский и лайский горизонты часто рассматривают совместно с верхней частью вычегодского горизонта, в виду неоднозначной литологической границей, поэтому нередко генезис этого подразделения определяется озерно-аллювиальными и флювиогляциальными отложениями (la,f,amIII).

Бызовский горизонт (aIIIbz). Аллювиальные отложения горизонта приурочены ко второй надпойменной террасе крупных водотоков. Отложения размывают сулинский горизонт и оказываются вложены в него. По литологическому составу сложен разнозернистыми песками с прослоями супесей и гравийно-галечных формаций. Мощность не превышает 15 м.

Полярный горизонт (aIIIpl). Аллювиальные отложения горизонта приурочены к первой надпойменной террасе крупных водотоков. Отложения размывают сулинский горизонт. По литологическому составу сложен разнозернистыми песками с прослоями супесей и гравийно-галечных формаций. Мощность не превышает 15 м.

Голоценовые отложения представлены аллювием и озерно-болотным образованиям.

Аллювиальный горизонт (aH). Аллювиальные отложения приурочены к руслам рек и их высоких и низких пойм. Отложения характеризуются разнообразием литологического состава: пески, супеси и суглинки взаимозаменяющиеся по разрезу и по площади. Общая мощность отложений от 1 до 10 м (редко до 15 м).

Озерно-болотные отложения (lbH) широко распространены на всех геоморфологических уровнях современного рельефа, занимая обширные пространства. Представлены торфами в различной степени разложения, отмечаются прослойки песков, супесей, суглинков и глин. Мощность отложений от первых десятков сантиметров и не превышает 5,5 м. Данные отложения являются некартируемыми в рамках поставленных задач [76].

2.3.4. Геокриологические условия

Исследуемая территория имеет преимущественно двухслойное строение многолетней мерзлоты: погребенная (реликтовая) и распространенная с поверхности [24,25,44,58] (рис. 2.16).

Реликтовая мерзлота распространена повсеместно на исследуемой территории. Глубина залегания кровли реликтовых ММП 80–200 м, что соответствует породам дочетвертичного возраста, преимущественно юрского и триасового, реже четвертичного (нижне-среднеплейстоценового) возраста. Глубина подошвы – до 240–465 м. ММП имеют массивную текстуру, льдистость цементационная (для песчаных разностей), видимые включения льда (шлиры) отсутствуют. Глинистые разности разреза, очевидно, находятся в пластично-мерзлом или переохлажденном состоянии, так как температура (-0.10)–0.65°C недостаточна для замерзания поровой воды. Поэтому данные о распределении отрицательных температур по глубине не всегда позволяют определить мощность мерзлой толщи. Содержание большого количества каолина в породах верхнего триаса вызывает дополнительные затруднения в определении границ мерзлых, переохлажденных и талых пород, так как дифференциация (контрастность) по электрическим свойствам (кривые ВЭЗ и диаграммы стандартного каротажа) между мерзлыми и талыми каолиносодержащими породами в значительной степени стираются.

Глубокозалегающие многолетнемерзлые породы (реликтовая мерзлота) можно рассматривать как региональный водоупор, подстилающий водоносные горизонты с пресными подземными водами, перспективными для питьевых целей, и разделяющей горизонты, вмещающие слабосоленоватые и соленые воды. Данный водоупор (ММП) препятствуют проникновению в зону свободного водообмена некондиционных соленоватых вод из нижележащих горизонтов.

Мерзлота, развитая с поверхности, распространена в северо-восточной части исследуемой территории. Распространенная на поверхности мерзлота в

районе относится к зоне прерывистого и массивноостровного развития [44,89,90]. Мощность колеблется от первых метров до 30 м.

ММП верхнего слоя формировались в ходе эпигенетического промерзания. Широко распространены мерзлые породы в пределах области сулинской морской ингрессии. В пределах залесенных мусюров мерзлые толщи связаны с участием торфяников, либо с возвышенными элементами рельефа с тундровым типом растительности. Наибольшая льдистость характерна для болотных отложений, представленных торфами различной степени разложения. Для слабоуплотненных сулинских отложений характерна повышенная льдистость от 0,2 до 0,4. Тонкодисперстные глинистые отложения тимано-уральского возраста, в большей части своей, находятся в переохлажденном состоянии. Льдистость глинистых отложений 0,2-0,4. Пески независимо от генезиса слабольдистые.

Неоплейстоцен-голоценовая толща мерзлых пород играет существенную роль в гидрогеологических условиях района, являясь практически непроницаемой, она затрудняет питание подземных вод. Области питания подземных вод находятся в пределах мусюров и таликовых зон долин рек [86,87].

На рассматриваемой территории получило развитие сезонное и многолетнее пучение грунтов, термокарст и морозобойное растрескивание. Основными формами термокарстовых образований в пределах торфяников являются западины, воронки и котловины, которые при обводнении и отсутствии стока превратились в термокарстовые озера. Развитие криогенных процессов тесно связано с формированием сезоннопротаивающего (СТС) и сезоннопромерзающего (СМС) слоев. Глубина СТС-СМС помимо климатических условий зависит от литолого-влажностных характеристик грунта и местных условий, таких как: толщина снежного покрова, характеристика растительности, особенностей рельефа и поверхностного стока.

Минимальные глубины СТС-СМС характерны для торфяных и торфяно-суглинистых разрезов сезонно-криогенного слоя, где они обычно не превышают 0,5 м (в отдельных случаях СМС до 1 м). В суглинистых грунтах глубины СТС-

СМС находятся в пределах 0,2-1,7 м, причем глубина протаивания в значительной степени зависит от характера напочвенного покрова [98].

Отдельное внимание стоит уделить вопросам деградации ММП в период отмечающегося изменения климата [4,89,94]. Исследователями, занимающимися изучением геокриологических условий исследуемой территории, отмечается постепенное отступление криолитозоны в северном направлении [87]. В период наблюдений на геокриологических стационарных станциях за 1974-2003 гг. отмечалось практически повсеместное повышение температуры пород в подошве деятельного слоя [86]. Происходит сокращение мощности ММП как в разрезе, так и в плане, соответственно увеличивается площадь таликов, переход таликов из несквозных в категорию сквозных. За период наблюдений существенно изменились периоды протаивания-промерзания. Вышеописанные проявления приводят к увеличению периода инфильтрационного питания, несмотря на незначительное сокращение годовой суммы атмосферных осадков. В результате деградации криолитозоны происходит повышение уровней грунтовых вод и увеличение подземного стока [36,86].

2.3.5. Гидрогеологические условия

В гидрогеологическом отношении район работ относится к восточной части Печорского артезианского бассейна (II-го порядка) [57,115]. По характеру обводненности и приуроченности подземных вод к литологически сходным водовмещающим отложениям определенных стратиграфических единиц автором выделены следующие гидрогеологические подразделения (рис. 2.17-2.19, табл. 2.4) на основе материалов [27,28,39,135ф-160ф]:

- Голоценовый озерно-болотный водоносный горизонт (IbH);
- Верхненеоплейстоцен-голоценовый аллювиальный, озерно-аллювиальный водоносный горизонт (a, IaIII-H);
- Средне (6 ступень) - верхненеоплейстоценовый озерно-ледниковый, флювиогляциальный водоносный горизонт (Ig, fII₆-III);

- Средненеоплейстоценовый (4-6 ступени) ледниковый (тимано-уральский) относительно водоупорный горизонт (gII₄₋₆);
- Средненеоплейстоценовый озерно-аллювиальный (чирвинский) водоносный горизонт (IaII₁₋₃);
- Нижненеоплейстоценовый (8 ступень) ледниковый относительно водоупорный горизонт (gI₈).

В пределах развития ММП водоносные горизонты следует считать – криогенно-таликовыми, а относительно водоупорные становятся водоупорными криогенными горизонтами.

Голоценовый озерно-болотный водоносный горизонт (IbH) является некартируемым в рамках поставленных задач. Заболоченные пространства занимают значительную часть исследуемой территории. Преобладающая часть болотных массивов приурочена к долинам рек, в меньшей степени прослеживаются на водоразделах.

Природные условия заболачивания связаны с широким развитием слабопроницаемых суглинков и довольно ровным, слаборасчлененным рельефом. Водовмещающими породами являются торф, заторфованные пески, супеси. Торф преимущественной низкой и средней степени разложения, обладает большой влагоемкостью и малой водоотдачей. Болотные отложения можно считать своеобразным аккумулятором и резервуаром подземных вод, оттуда они инфильтруются в нижележащие водоносные горизонты. Мощность озерно-болотных отложений различна и изменяется от первых сантиметров до 5,5 м.

Грунтовые воды имеют свободную поверхность и вскрываются скважинами и закопашками на глубинах от 0-0,1 м до 2,0 м. Уровень воды находится в прямой зависимости от сезонно-климатических факторов.

Табл. 2.4. Схема гидрогеологической стратификации четвертичных образований на исследуемой территории

Общая стратиграфическая шкала квартера России (МСК, 2008, 2012, с изменениями 2013)					Рабочая региональная схема Тимано-Печоро-Вычегодского региона, 1986 Е-II		Гидрогеологические подразделения										
Система	Надраздел	Раздел	Звено	Ступень	Надгоризонт	Горизонт	Индекс	Название	Мощность, м	Литологический состав							
ЧЕТВЕРТИЧНАЯ (КВАРТЕР) Q	Плейстоцен P	Неоплейстоцен NP	Верхнее III	III ₄	Ненецкий	Полярный	a, IaII-H	Верхнеплейстоценово-голоценовый аллювиальный, озерно-аллювиальный водоносный горизонт	до 25	Разнозернистые пески, супеси, суглинки							
				III ₃		Бызовский											
	III ₂	Лайский															
	III ₁			Сулинский													
	Среднее II	II ₆		Тимано-Уральский	Вычегодский	Ig, II ₆ -III					Средне (6 ступень) - верхнеплейстоценовый озерно-ледниковый, флювиогляциальный водоносный горизонт	1 - 30	Супеси, суглинки, пески, супеси с галькой и валунами				
		II ₅			Родионовский												
		II ₄			Печорский												
		II ₃			Чирвинский									IaII ₁₋₃	Среднеплейстоценовый (1-3 ступень) озерно-аллювиальный водоносный горизонт	20 - 50	Песчано-гравийно-галечные отложения с прослоями супесей и суглинков
		II ₂															
		II ₁															
	Нижнее I	I ₈	Коми-Пермяцкий	Помусовский	gI ₈	Нижнеплейстоценовый (8 ступень) ледниковый относительно водоупорный горизонт	до 50	Супеси, глины, алевроиты, линзы песков и галечников									
				Вишерский													
				Березовский													
				Тумский													
									Камский								
				Эоплейстоцен E						Верхнее II							
	Нижнее I																
	?																

ДОЧЕТВЕРТИЧНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ

Масштаб 1:600 000

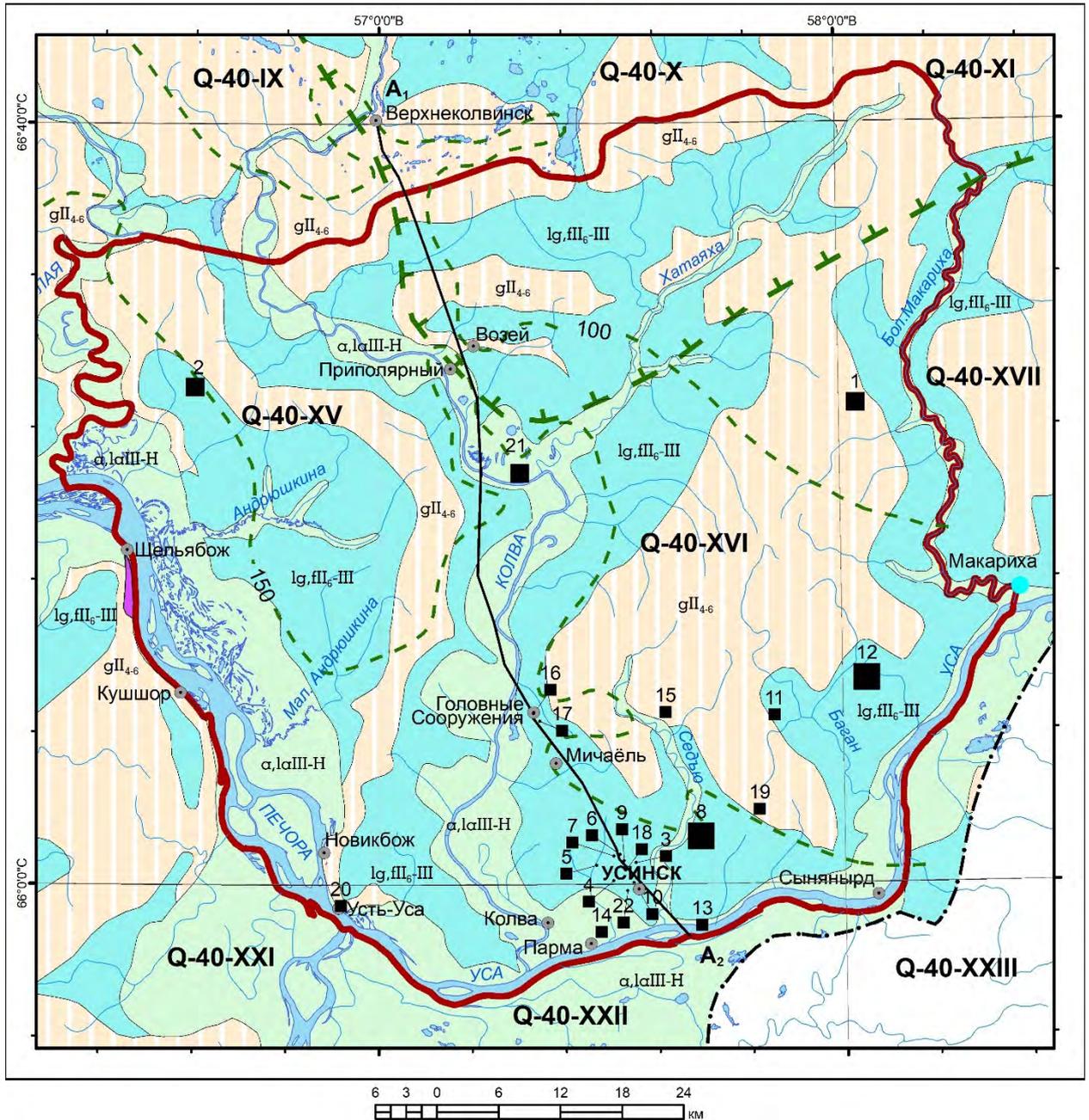


Рис. 2.17. Карта геолого-гидрогеологических условий исследуемой территории

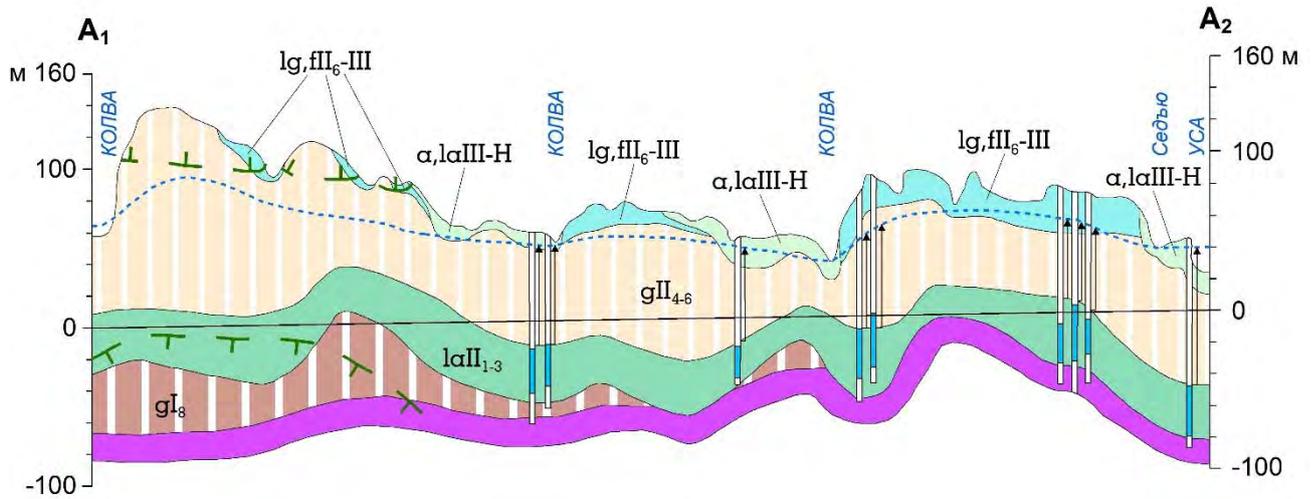


Рис. 2.18. Геолого-гидрогеологический разрез исследуемой территории

У С Л О В Н Ы Е О Б О З Н А Ч Е Н И Я

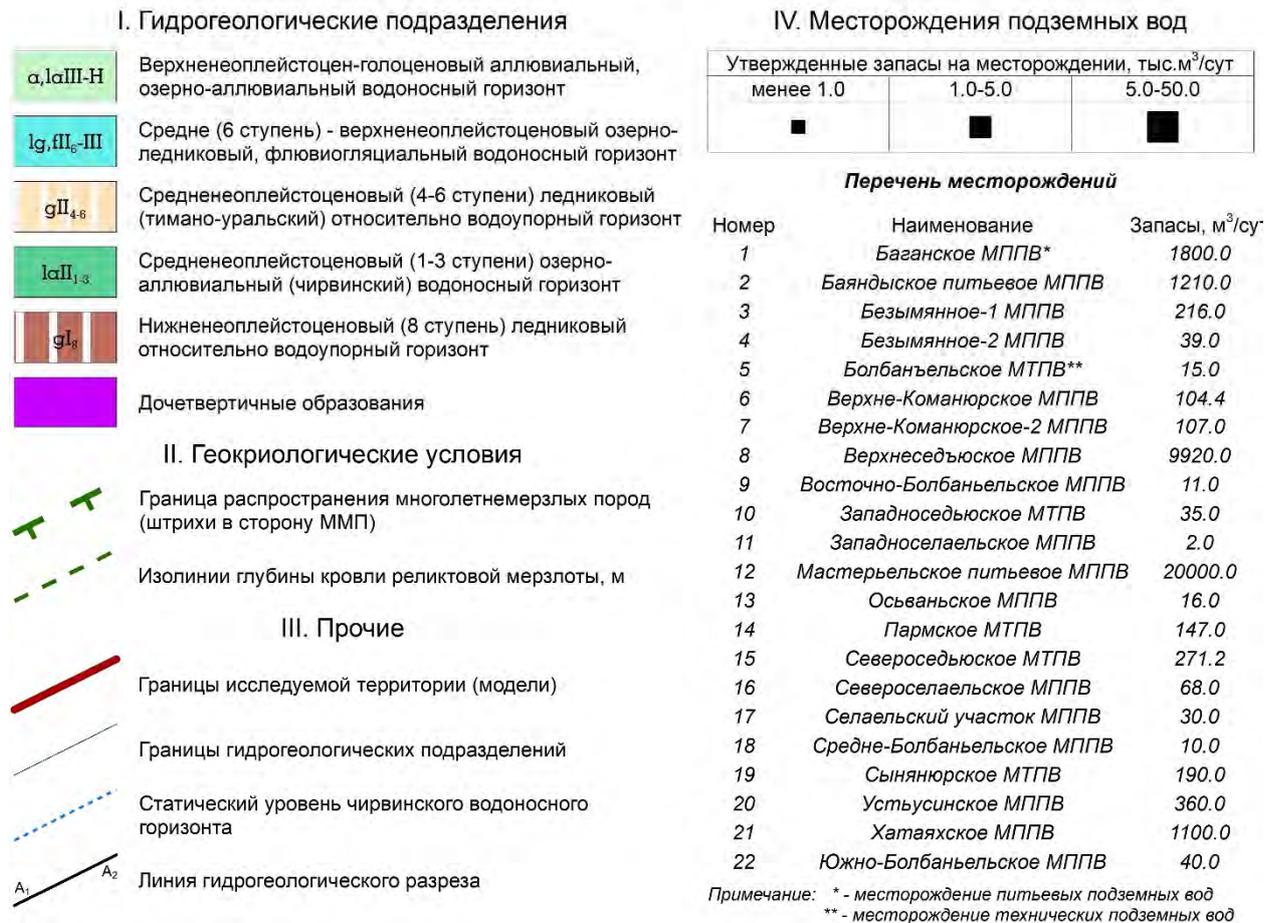


Рис. 2.19. Условные обозначения к геолого-гидрогеологической карте и разрезу

Воды горизонта ультрапресные с минерализацией 0,02-0,14 г/дм³. По химическому составу воды гидрокарбонатные натриево-кальциевые магниевые-кальциевые. Реакция воды от кислой (рН=4) до слабощелочной (рН=7,8), окисляемость достигает 33,6 мгО₂/дм³, по степени жесткости воды очень мягкие (0,08-0,64 мг-экв/дм³). Содержание азотных соединений достигает 1,17 мг/дм³, железа общего 1,69 мг/дм³.

Питание грунтовых вод горизонта осуществляется за счет атмосферных осадков, а в пределах речных террас и подземными водами нижележащих горизонтов. Дренаж происходит поверхностными водотоками, берущими начало из болот, а также испарением и транспирацией. Воды озерно-болотных отложений для нужд народного хозяйства практического значения не имеют.

Верхнеплейстоцен-голоценовый аллювиальный, озерно-аллювиальный водоносный горизонт (a, Ia III-H) распространен в долинах рек. Отложения горизонта слагают прирусловые отметки (валы), высокую и низкую пойму и надпойменные террасы. Литологический и фациальный состав отложений горизонта очень неоднороден. Русловая фация, как правило, представлена крупнозернистыми песками с хорошо окатанным гравием и галькой. Мощность русловых отложений достигает 7-8 м. Пойменная фация представлена хорошо промытыми и иловатыми песками, разномытыми с заметной тонкой слоистостью и супесями. Отложения надпойменных террас представлены тонко- и мелкозернистыми песками с различной степенью глинистости, содержащими до 5% гравия, а также мягкопластичными тонкослоистыми суглинками. Мощность горизонта изменчива и колеблется от 1-3 м в долинах мелких водотоков и до 25 м в долинах р.Усы и р.Печоры. Подстилается горизонт на большей части территории суглинистыми отложениями тимано-уральского надгоризонта.

По характеру циркуляции подземные воды горизонта поровые, безнапорные. Уровень воды вскрыт шурфами и скважинами на глубинах от 0,7 до 7,8 м и зависит как от рельефа, так и от сезонно-климатических факторов. Годовая амплитуда колебаний уровня по скважинам составляет 1,88 м. Фильтрационные свойства водовмещающих отложений неоднородны. Коэффициенты фильтрации

пойменных аллювиальных песков изменяются от 0,3 до 2,9 м/сут, русловых – 1,7-7,6 м/сут, озерно-аллювиальные пески имеют коэффициент фильтрации 0,7-1,8 м/сут. По данным наливов коэффициент фильтрации для песчаных отложений составляет 0,51-1,67 м/сут. Дебиты нисходящих источников 0,1-0,8 л/с.

Подземные воды горизонта без цвета, запаха с минерализацией от 0,02 до 0,1 г/дм³. По анионному составу в родниках преимущественно хлоридно-гидрокарбонатные воды, в скважинах – сульфатно-гидрокарбонатные. По преобладающим катионам кальциевые, натриево-кальциевые и кальциево-натриевые. Воды очень мягкие по реакции среды от кислых до нейтральных. Содержание железа превышает ПДК и составляет 2,4-7,4 мг/дм³. Аномальных содержаний микрокомпонентов не выявлено.

Питание водоносного горизонта осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков, а в период паводков – паводковыми водами. Разгрузка подземных вод, в основном, осуществляется в поверхностные водотоки и нижележащие водоносные горизонты.

Водоносный горизонт не защищен от поверхностного загрязнения. Учитывая нестабильное качество поверхностных водотоков, а также незначительную водообильность горизонта для централизованного водообеспечения горизонт непригоден, только для хозяйственных нужд.

Средне (6 ступень) - верхнеолейстоценовый озерно-ледниковый, флювиогляциальный водоносный горизонт (lg, fII₆-III) в пределах площади работ развит локально. В плане отложения горизонта выделяются в виде широких полос, обрамляющих контуры гребневидных или сглаженных водоразделов, сложенных вычегодскими суглинками, на которых они несогласно и залегают. Литологический состав отложений горизонта неоднороден как по площади, так и по разрезу. В целом, литологически горизонт представлен озерно-ледниковыми и флювиогляциальными разнозернистыми песками, супесями и суглинками, реже озерно-болотными глинами, алевритами. Максимальная мощность горизонта 30 м. Но на большей части территории первые метры.

Горизонт располагается в разрезе первым от поверхности. По характеру циркуляции подземные воды горизонта безнапорные поровые. Глубина появления воды по данным картировочных скважин от 0,4 до 5,0 м. Уровень воды подвержен сезонным колебаниям с амплитудами более 2 м (в пределах всего Печорского АБ эти значения достигают более 5-6 м). В целом, водоносность горизонта имеет сезонный характер при низких значениях дебита, а сам горизонт является, по большей части, «транзитным» для нижележащих гидрогеологических подразделений. Фильтрационные свойства водовмещающих отложений изменчивы. На участках, где преобладают песчаные отложения, коэффициент фильтрации достигает 12,4 м/сут, для песчано-глинистых разностей 0,2-0,9 м/сут. Дебиты родников составляют 0,1-0,5 л/сек. Дебиты одиночных скважин составляют 0,3 л/с при понижении уровня воды на 1,5 м.

Минерализация подземных вод горизонта 0,03-0,08 г/дм³. Химический состав воды в родниках от хлоридно-гидрокарбонатного натриевого до гидрокарбонатного магниево-кальциево-натриевого. В водах обнаружены нефтепродукты до 0,008 мг/дм³.

Питание водоносного горизонта происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков и поверхностных вод. Разгрузка горизонта происходит в виде перетоков в смежные водоносные горизонты, реже в виде родников. Практического значения для водопользования горизонт не имеет из-за низкой водообильности (сезонности) и незащищенности от поверхностного загрязнения.

Среднеплейстоценовый (4-6 ступени) ледниковый (тимано-уральский) относительно водоупорный горизонт (gII₄₋₆) распространен повсеместно. Подстилается отложениями чирвинского возраста. Водовмещающими породами в толще моренных суглинков и глин печорского и вычегодского возраста являются маломощные прослои и линзы тонко-мелкозернистых алевритистых песков родионовского возраста [1,3], мощность которых по площади и разрезу не выдержана. Общая мощность горизонта составляет около 50 м.

По характеру циркуляции воды преобладает вертикальная фильтрация, локально проявляется горизонтальная, которая связана с песчаными прослоями. Выдержанная толща суглинисто-супесчаных отложений формирует буферную зону питания для нижележащего водоносного горизонта. Водообильность комплекса весьма низкая, удельные дебиты скважин на исследуемой территории не превышают сотых долей л/с.

Для целей водоснабжения горизонт неперспективен в силу слабой водообильности. Однако, воды горизонта вне исследуемой территории, в частности на листе Р-39 (Сыктывкар), используются для организации водоснабжения мелких децентрализованных объектов.

Средненеоплейстоценовый озерно-аллювиальный (чирвинский) водоносный горизонт (IaII₁₋₃) в пределах исследуемой территории имеет повсеместное распространение. Сложен горизонт песчано-гравийно-галечными отложениями с прослоями супесей и суглинков. Залегают отложения горизонта на глубинах 40–100 м по кровле, с мощностью 20-50 м. Горизонт перекрыт выдержанным относительно водоупорным горизонтом средненеоплейстоценовых (4-6 ступени) ледниковых отложений тимано-уральского возраста. Подстилаются водовмещающие отложения чирвинского горизонта нижнечетвертичными ледниковыми отложениями с перерывом в пределах Усинского поднятия и Северо-Мастерьевской структуры, где подстилающими являются верхнеюрские отложения. В северо-восточной части исследуемой территории часть отложений горизонта относится к реликтовому распространению многолетнемерзлых пород [44].

Подземные воды горизонта поровые, напорные. Величина напора изменяется от 29,4 до 89 м. Пьезометрические уровни воды устанавливаются в зависимости от гипсометрического положения скважины на глубинах от 40-50 до (+12,9) м. В целом, пьезометрическая поверхность наклонена от водораздела в сторону крупных рек, дополнительно поток «перехватывается» более мелкими реками. Средний уклон потока 0,002. Данное строение пьезометрической поверхности определяется местным характером питания и разгрузки потока. Межпластовое

залегание чирвинского горизонта свидетельствует о том, что питание и разгрузка подземных вод происходит путем перетекания через суглинистую толщу тимано-уральских отложений. Наличие местного питания и разгрузки подтверждается соотношением напоров в вертикальном разрезе. Если на водоразделах, бортах долин надпойменных террасах пьезометрический уровень чирвинского горизонта располагается ниже свободных поверхностей и пьезометрических уровней вышележающих голоценовых и верхнеплейстоценовых гидрогеологических подразделений, то в поймах крупных рек наблюдается инверсия этого соотношения. Подтверждение этому – самоизлив подземных вод чирвинского горизонта в скважинах, пройденных в долине рек.

Водопроницаемость чирвинского горизонта неоднородна, что объясняется различным в процентном соотношении содержанием в песчаной толще глинистых прослоев и линз: т.е. мощностью песчаной составляющей разреза. Коэффициент фильтрации изменяется от 0,08 до 26,4 м/сут, соответственно, водопроницаемость составляет от 6,1 до 442,0 м²/сут. Дебиты скважин, в основном, не более 2-5 л/с, в скважинах, где мощность песчаной части горизонта составляет 20-34 м, дебит возрастает до 15,4 л/с (табл. 2.5).

Воды горизонта прозрачные, без цвета, без вкуса, без запаха, с минерализацией 0,16-0,6 г/дм³ (чаще 0,1-0,3 г/дм³), по составу воды, в основном, гидрокарбонатные натриево-кальциевые или кальциево-натриевые, от слабокислых до щелочных (рН=6,2-9,93). Окисляемость воды 1,6-22,5 мгО₂/дм³. Общая жесткость 0,34-4,7 мг-экв/дм³, что позволяет классифицировать воды как очень мягкие, мягкие и умеренно жесткие. По химическому составу воды соответствуют нормативным требованиям [107-109], за исключением показателей по железу, превышение которого в регионе повсеместно. По данным [55] на участках Возейского и Усинского нефтяных месторождений зафиксированы единичные превышения допустимых концентраций по содержанию алюминия, аммония и мутности.

Табл. 2.5. Гидродинамические параметры чирвинского водоносного горизонта в пределах оцененных участков месторождений подземных вод

<i>№№</i>	<i>Название</i>	<i>Q, л/с</i>	<i>S, м</i>	<i>q, л*м/с</i>	<i>km, м²/сут</i>	<i>a, м²/сут</i>
1	Баганское МППВ	1,16-4,17	11,1-34,0	0,034-0,376	51,87	1,1×10 ⁶
2	Баяндыское питьевое МППВ	3,33	16,37	0,2	137,4	1,1×10 ⁴
3	Безымянное-1 МППВ	2,5	7,63	0,33	51,3	2,1×10 ⁵
4	Безымянное-2 МППВ	1,79	7,86	0,23	83,9	2,1×10 ⁵
5	Болбаньельское МТПВ	3,51	9,02	0,39	88,45	2,1×10 ⁵
6	Верхне-Команюрское МППВ	2,2	40	0,0055	18	0,6×10 ⁴
7	Верхне-Команюрское-2 МППВ	-	-	-	40,5	9,9×10 ⁴
8	Верхнеседьюское МППВ	0,34-15,4	20,6-16,4	-	442	2,1×10 ⁵
9	Восточно-Болбаньельское МППВ	1,2	1,42	0,84	110	3,7×10 ⁴
10	Западноседьюское МТПВ	1,3	4,6	0,28	49	2,3×10 ⁴
11	Западноселаельское МППВ	2	10,1	0,2	26	1,2×10 ⁴
12	Мастерьельское питьевое МППВ	2,2-2,5	11,34-64,16	0,034-0,22	29,4	2,1×10 ⁵
13	Осьваньское МППВ	2,17	7,68	0,28	55,27	2,1×10 ⁵
14	Пармское МТПВ	4,5	27,5	0,164	25,7	1,2×10 ⁴
15	Североседьюское МТПВ	2,89-2,91	14,0-24,55	0,12-0,21	23,5	9,8×10 ⁴
16	Североселаельское МППВ	0,88	40,44	0,022	14,4	0,7×10 ⁴
17	Селаельский участок МППВ	0,61	37	0,017	6,1	2,1×10 ⁵
18	Средне-Болбаньельское МППВ	1,33	21	0,0063	15,2	0,5×10 ⁴
19	Сынянюрское МТПВ	-	-	-	29,4	2,1×10 ⁵
20	Устьусинское МППВ	2,0-3,0	3,2-30,0	0,07-0,93	123	5,0×10 ⁵
21	Хатаяхское МППВ	1,39-2,22	2,58-15,95	0,09-0,86	104,8	2,9×10 ⁴
22	Южно-Болбаньельское МППВ	1,25	13	0,1	13,3	0,4×10 ⁴

На исследуемой территории разведано 17 очень мелких месторождений (с запасами менее 1 тыс.м³/сут), 3 мелких месторождения (с запасами 1–5 тыс.м³/сут) и 2 средних месторождения (Верхнеседьюское МППВ и Мастерьельское МППВ с запасами 9,92 и 20,0 тыс.м³/сут соответственно) на чирвинский водоносный горизонт (рис. 2.17, 2.19) [54,64,65]. Запасы на мелких месторождениях утверждены в 2005-2016 гг., эксплуатируемы, преимущественно, одиночными скважинами и разрознено. Верхнеседьюское МППВ и Мастерьельское МППВ, разведанные в 1989 г. и 1990 г., до настоящего времени не были востребованы (относятся к нераспределенному фонду недр). В связи с изменением водохозяйственной обстановки [88] (застройка территории, невозможность организации в полном объеме зоны санитарной охраны в соответствии с критериями СанПиН 2.1.4.1110-02) запасы подземных вод нераспределенного фонда должны подлежать пересмотру.

Подземные воды защищены от поверхностного загрязнения, по качеству соответствует требованиям регламентирующих документов, защищены от поверхностного загрязнения за счет перекрывающей выдержанной суглинистой толщи тимано-уральских отложений. Водоносный горизонт является единственным источником для решения задач централизованного водоснабжения всего Усинского района.

Нижненеоплейстоценовый (8 ступень) ледниковый относительно водоупорный горизонт (gI₈) имеет локальное распространение в пределах Усинского поднятия и Мастерьельской структуры. Отложения горизонта литологически невыдержаны, супесчаные отложения фациально замещаются на суглинки и глины как в плане, так и в разрезе. Кровля горизонта отмечена на абсолютных отметках от (+52) до (-80) м, значительная часть отложений находится в зоне отрицательных температур (в зоне распространения реликтовых ММП). Водоупорная часть горизонта представлена глинами, суглинками, мощностью до 40 м. Песчаная обводненная часть залегает как в верхней части отложений горизонта, так и в толще глин и суглинков, в виде линз и слоев мощностью от 5 до

20 м. Вскрытая мощность отложений горизонта достигает 50 м. Питание и разгрузка горизонта затруднены.

2.4. Влияние выбора концепции осадконакопления северного плейстоцена на оценку ресурсов подземных вод

Выбор концепции осадконакопления северного плейстоцена имеет важное значение не только на гидрогеологическое расчленение разреза (определение возраста и генезиса), но и на исходные параметры, используемые для оценки ресурсов подземных вод. Согласно производному уравнению Дюпюи (глава 1.3) основными гидрогеологическими параметрами при оценке ресурсов подземных вод являются инфильтрационное питание, допустимое понижение и проводимость оцениваемого гидрогеологического подразделения. Далее будет рассмотрено отличие этих параметров при разных концепциях осадконакопления.

Инфильтрационное питание. При региональной оценке ресурсов подземных вод параметр инфильтрационного питания, в основном, задается на основе метеорологических условий и выделяемых ландшафтов. В пределах Усинского района орографические, гидрографические и климатические условия практически неизменны, что позволяет интерполировать данные по единичным метеостанциям на всю исследуемую территорию. Таким образом, инфильтрационное питание здесь определяется на основе ландшафтного районирования, которое определяется геологическим строением. Ландшафты позволяют охарактеризовать растительный и почвенный покров, литологический состав зоны аэрации, расчлененность рельефа, глубину заложения уровня подземных вод и прочее [34]. Следовательно, в различных теориях осадконакопления одни и те же площади могут интерпретироваться как различные ландшафты, а значит иметь различное инфильтрационное питание.

Выделение ландшафтов основывается на комплексном анализе геологических материалов и дистанционных основ, включающих цифровые модели рельефа (ЦМР) и материалы аэрокосмических снимков (МАКС) [74]. Для территории восточной части Печорского АБ дешифрирование выполнено на

основе материалов многоспектральных космических снимков Landsat5/TM и Landsat7/ETM+ с пространственным разрешением 30 м, в основном, в каналах 4-5-3. Эта комбинация ближнего, среднего ИК-каналов и красного видимого канала позволяет четко различить границу между водой и сушей и подчеркнуть скрытые детали, плохо видимые при использовании только каналов видимого диапазона. С большой точностью будут детектироваться водные объекты внутри суши. Эта комбинация отображает растительность в различных оттенках и тонах коричневого, зеленого и оранжевого. Эта комбинация дает возможность анализа влажности и полезна при изучении почв и растительного покрова. В целом, чем выше влажность почв, тем темнее она будет выглядеть, что обусловлено поглощением водой излучения ИК диапазона.

В результате комплексного анализа ЦМР, МАКС и геологических материалов, выполненных в гляциолистической теории осадконакопления, в пределах восточной части Печорского АБ выделено 4 основных типа ландшафтов, представленных на рис. 2.20. Все выделенные ландшафты были заверены автором в ходе проведения полевых исследований, выполняемых в рамках создания гидрогеологической карты всего Печорского АБ [157ф].

Ландшафт 1. Интразональный ландшафт долин рек. Разделяется на два ландшафта: пойменный (1а) и террасовый (1б). Пойменный ландшафт характеризует поймы р. Печоры и крупных притоков с гравитным рельефом. Сложен слоистыми аллювиальными отложениями: пески, супеси, галечники, валунники. На поймах развиты разнотравно-злаковые и осоковые луга, а также низинные болота. Террасовый ландшафт характеризует надпойменные террасы рр. Печора, Уса и их притоков, участки прирусловых валов с заболоченными землями и болотами. Болота ровные и грядовые, часто топяные, с флювиальными чертами. Ландшафт представлен песками, реже супесями, с поверхности - торфами мощностью 0,2-0,3 м и более. Растительность в основном представлена разнотравными лугами, реже мохово-травяными болотами.

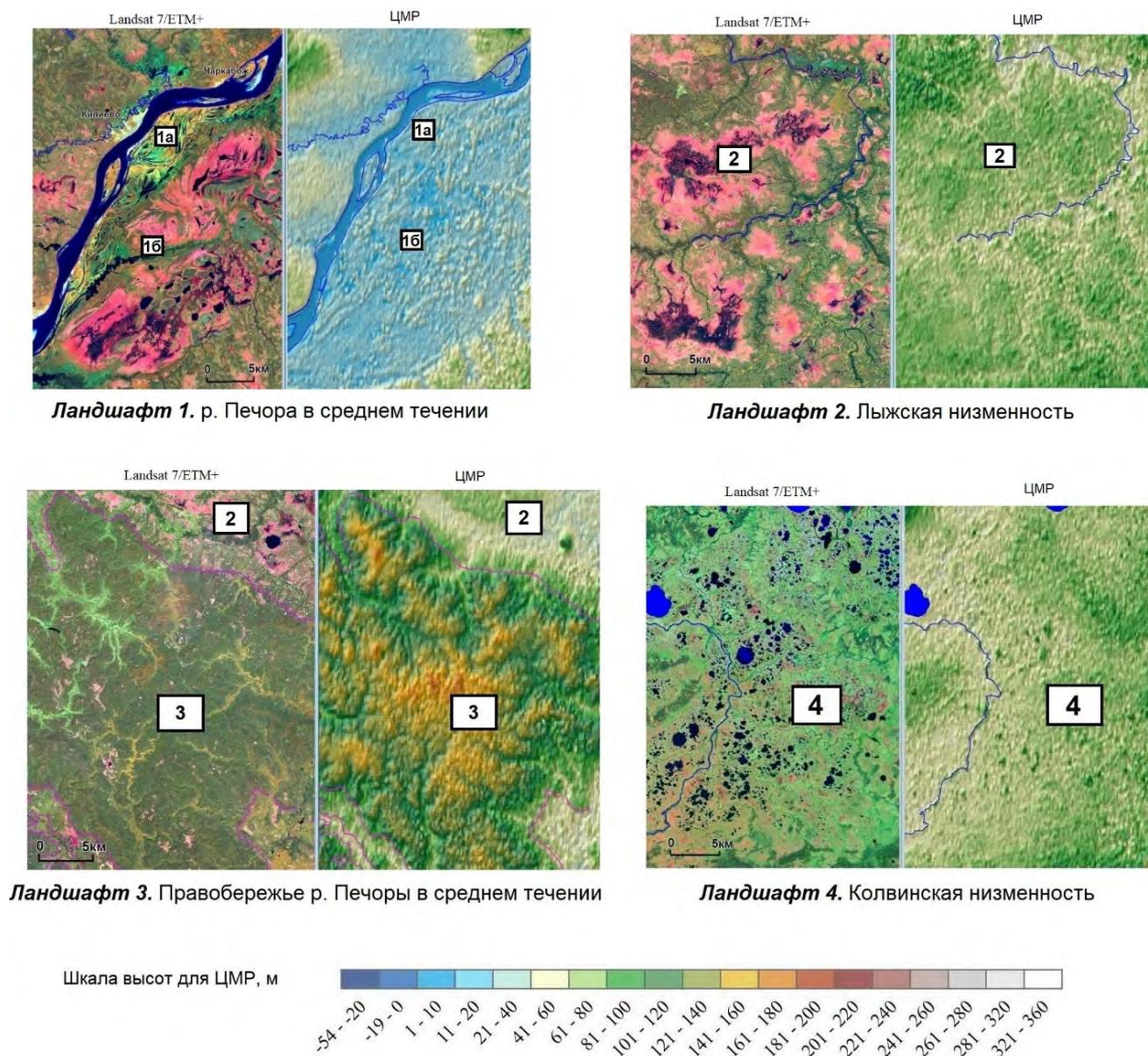


Рис. 2.20. Индикаторные признаки ландшафтов, выделенные при дешифрировании МАКС

Ландшафт 2. Северная тайга равнинная. Ландшафт в рельефе образует озерно-ледниковые равнины. Равнины плоские и слабоволнистые слаборасчлененные и нерасчлененные, сложенные супесями и песками с гравием и галькой, реже суглинками, перекрытыми торфом. На ландшафте распространены преимущественно верховые болота и заболоченные земли с сосновыми, елово-березовыми и еловыми редколесьями – рямы (рис. 2.21). Растительность рямов, в частности сфагнумов, как губка впитывает и удерживает влагу, выступая автоматическим регулятором стока. На таких ландшафтах подземные воды имеют

локальное или сезонное распространение, о чем свидетельствуют обследованные колодцы и скважины.



Рис. 2.21. Типичный вид ряма с угнетенными соснами. Фото автора

Ландшафт 3. Северная тайга холмистая (рельефообразующая). Ландшафт в рельефе образует ледниковые среднелепистоценовые равнины: холмисто-увалистые и волнистые расчлененные, сложенные суглинками и супесями. На ландшафте распространены преимущественно еловые, елово-березовые и елово-сосновые леса и редколесья, верховые болота и заболоченные земли.

Ландшафт 4. Лесотундра равнинная. Ландшафт в рельефе образует равнины плоские и слабоволнистые слаборасчлененные, сложенные верхнелепистоценовыми суглинками и глинами, супесями и песками, перекрытые торфом. На ландшафте распространены преимущественно торфяники полигональные и плоскобугристые с тундрами кустарниково-кустарничково-мохово-лишайниковыми.

На основе выделенных ландшафтов в направлении от юга (от рек к водоразделу) к северу (от ландшафта 1 к ландшафту 4) можно выделить следующие закономерности, представленные на рис.2.22:

- растительный покров постепенно меняется от разнотравных лугов на открытых пространствах до редколесья и лесов в зоне северной тайги и далее происходит смена на кустарники в зоне лесотундры;
- литологический состав постепенно изменяется от песчанистых до суглинистых и мерзлых пород;
- расчлененность рельефа возрастает к водоразделу и затухает в северном направлении;
- увеличение стока и уменьшение инфильтрационного питания.

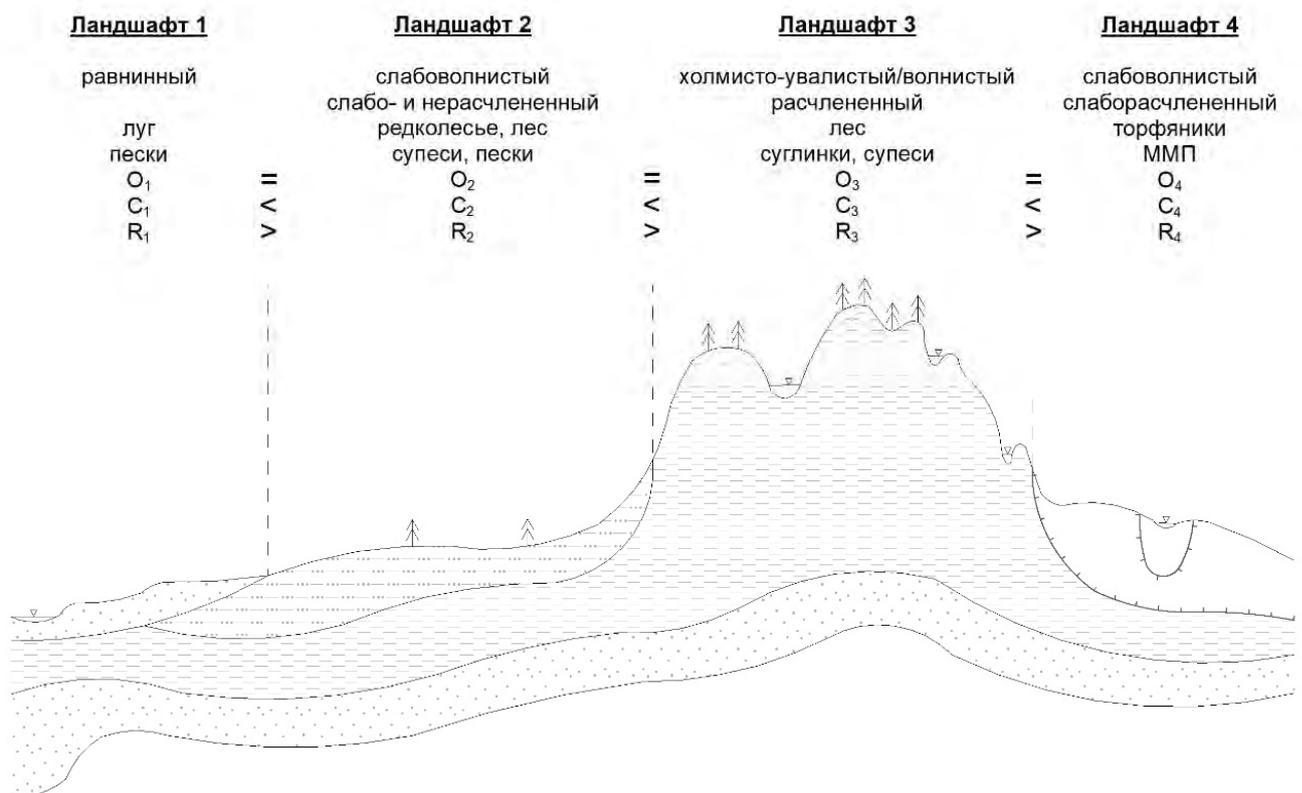


Рис. 2.22. Схема инфильтрационного питания на основе выделяемых ландшафтов

Согласно маринистской концепции, осадконакопление осуществляется на основе колебаний уровня Мирового океана. При этом происходило постепенное затухание амплитуды колебаний во времени. Таким образом, со временем океан

покрывал все меньшую часть суши, а значит, наиболее древние морские террасы, приуроченные к трансгрессии и регрессии моря, находятся в глубине материка и имеют наибольшие высотные отметки, молодые приурочены к побережью с низкими высотными отметками. В маринистской теории осадконакопления при выделении ландшафтов морских террас авторам приходится игнорировать материалы космоснимков, так как выделение основывается в большей степени на цифровой модели рельефа. Морские террасы при этом определяются исключительно их гипсометрическим положением, выраженным в рельефе как «плато». Такой подход приводит к тому, что к морским террасам могут быть отнесены водоразделы, где литологический состав пород преимущественно суглинистый. В то же время образование морских террас имеет схожие признаки с образованием аллювиальных террас, представленными преимущественно песчанистыми отложениями. Следовательно, морские и аллювиальные террасы следует выделять идентично при дешифрировании МАКС и ЦМР.

В районе с. Усть-Уса показано (рис. 2.23) как один и тот же ландшафт (ландшафт 2 в глициолистской концепции), который хорошо идентифицируется с помощью ЦМР и МАКС, в маринистской концепции определяется как 2 самостоятельных ландшафта, а следовательно и геологических подразделения: IV морская терраса (2а) и III надпойменная терраса (2б). Четвертая морская терраса соотносится с отложениями чулейской свиты, которая выделяется на абсолютных отметках 80-100 м, редко до 110 м. По материалам [20] отложения чулейской свиты являются месторождением «песка строительного, песчано-гравийного материала, глин кирпичных, глин керамзитовых». Третья надпойменная терраса относится к печорогородскому аллювию, представленному песками, супесями, алевролитами.

На представленном примере наглядно видно, что стремление увязать морские террасы с гипсометрическими уровнями приводит к их концептуальной неувязке с дистанционными основами. Таким образом, один и тот же ландшафт в маринистской концепции имеет различный литологический состав, а следовательно, и различное инфильтрационное питание.

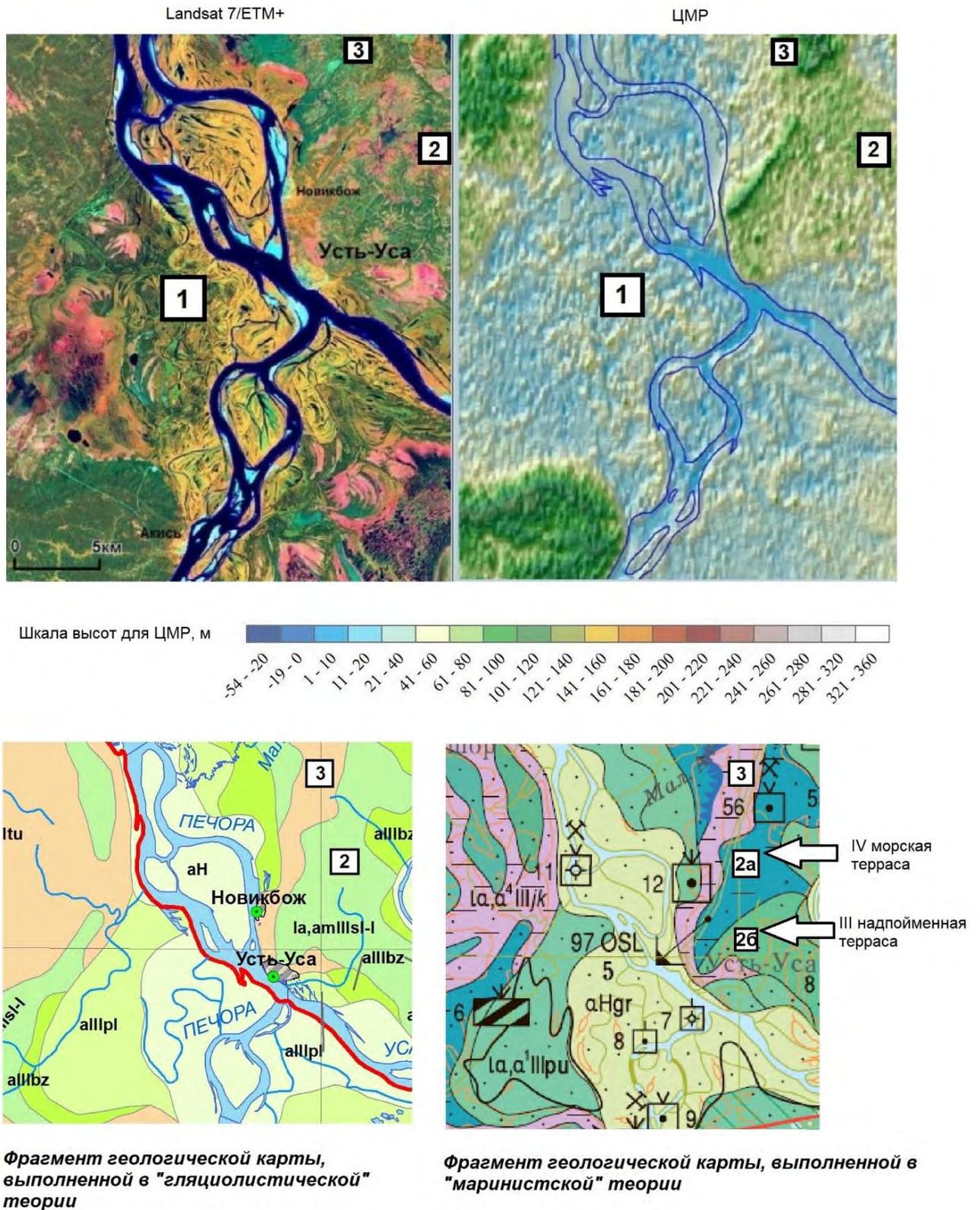


Рис. 2.23. Идентификация ландшафтов в районе с. Усть-Уса в различных концепциях осадконакопления

Помимо описанных выше факторов, проведенные работы по дешифрированию МАКС всей территории Печорского АБ [157ф] показали, что

характерные формы рельефа говорят в пользу их ледникового и озерно-ледникового происхождения. Это гряды конечных морен, ложбины стока талых ледниковых вод, лимнокамы и лимнокамовые террасы, камы и камовые поля, реже озы.

Допустимое понижение и проводимость. Допустимое понижение для напорного водоносного подразделения определяется величиной напора над кровлей. Проводимость водоносного подразделения напрямую зависит от литологического состава водовмещающих пород и их мощности. Другими словами, оба параметра зависят от гипсометрического расположения водоносного подразделения. В гляциолистической концепции осадконакопления расчленение разреза осуществляется преимущественно на основе литологического состава. В маринистской концепции литологический состав не всегда является основанием для выделения тех или иных стратонов, в результате геологические подразделения имеют пестрый литологический состав, объединяющий как песчанистую, так и глинистую составляющую.

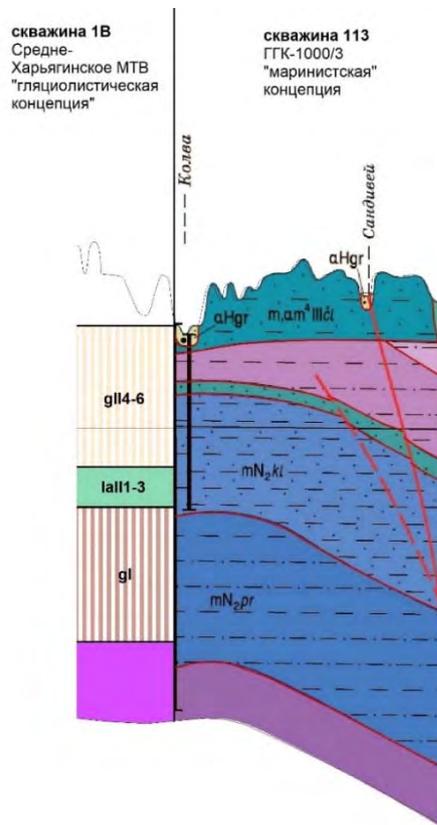


Рис. 2.24. Сопоставление геологических разрезов, выполненных в различных теориях осадконакопления

Для сравнительного анализа сопоставлены 2 скважины, расположенные в менее чем 1 км друг от друга в районе пос. Харьягинский, северней исследуемой территории. Расчленение разреза в этих скважинах выполнено в различных теориях осадконакопления. Согласно рис. 2.24, колвинский горизонт (mN_{2kl}), выделяемый в маринистской концепции осадконакопления, объединяет сразу два подразделения, выделяемых в глициолистической: часть тимано-уральского надгоризонта ($g\Pi_{4-6}$) и чирвинский горизонт ($la\Pi_{1-3}$).

По данным скважины №113 в колвинском горизонте выделены песчаная и суглинистая составляющие, при этом на разрезе как самостоятельные стратоны они не выделяются. Песчаные отложения колвинского горизонта сопоставляются с отложениями чирвинского горизонта, а суглинистые – с отложениями тимано-уральского надгоризонта.

Выделение гидрогеологических подразделений основывается на расчленении геологического разреза (глава 2.3.2). В маринистской концепции осадконакопления водоносным подразделением будут отложения колвинского горизонта, в гляциолистической – отложения чирвинского горизонта. Проводимость колвинского горизонта будет складываться из проводимостей песчаного и суглинистого слоев, несмотря на то, что водоносность его связана только с песчаной составляющей. А допустимое понижение будет определяться кровлей колвинского горизонта, которая гипсометрически находится выше кровли чирвинского горизонта.

В результате параметр проводимости водоносного подразделения (колвинского горизонта) в маринистской концепции осадконакопления будет больше, чем проводимость чирвинского горизонта в глициолистической концепции осадконакопления, а параметр допустимого понижения – меньше.

ГЛАВА 3. СОЗДАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТРУКТУРИРОВАННОГО ФОНДА ГЕОЛОГО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ РЕСУРСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

3.1. Понятия и определения

В эру информационных технологий геоинформационные системы (ГИС) нашли широкое применение при производстве гидрогеологических работ. Картографическая обработка гидрогеологической информации является единственным средством эффективного обобщения результатов более ранних работ, позволяя создавать гидрогеологические карты различного содержания: гидрогеологические, гидрохимические, защищенности, прогнозных ресурсов и другие [72,73]. При составлении подобных карт используется огромный объем накопленных эмпирических и модельных данных, которые являются результатом ранее проведенных работ, отличающихся методологической основой, аналитической базой, точностью оценки параметров и характеристик, кругом и полнотой решенных задач, глубиной картирования [81].

История развития систем хранения гидрогеологической информации в России начинается с 1937 г. после образования Всесоюзного геологического фонда. В дальнейшем информационные системы видоизменялись в зависимости от используемых технических средств: от механизированных до электронно-вычислительных машин и персональных компьютеров.

Большой вклад в развитие информационных систем при гидрогеологических исследованиях внесли Д.Б. Аракчеев, В.В. Веселов, Л.К. Гохберг, Д.И. Ефремов, Ю.О. Зеегофер, А.Н. Ключвин, В.В. Куренной, О.В. Митракова, И.С. Пашковский, А.С. Попов, А.А. Рошаль, И.В. Сахаров, Н.В. Седов, Л.Е. Чесалов, А.Л. Язвин и другие.

В настоящее время широкое применение в области гидрогеологического изучения недр получили информационные системы, разработанные в ЗАО «Геолинк Консалтинг» с программным обеспечением ГИС-Geolink, ГНЦ ВНИИГеосистем (информационная система «Учет и баланс подземных вод»), ЗАО «ГИДЭК» (GeoCODE) и др. Первые две информационные системы

предназначены, в основном, для ведения мониторинга геологической среды и учета запасов подземных вод; последняя – для обработки данных геолого-разведочных работ и геоэкологических исследований на детальном и локальном уровнях [110]. Данные информационные системы разработаны для решения конкретных задач и не способны в полной мере использоваться для регионального гидрогеологического картографирования.

Ниже приведены основные определения, используемые для обеспечения региональных гидрогеологических работ.

Данные – совокупность фактов и сведений, представленных в каком-либо формализованном виде (количественном или качественном выражении) для их пользования в науке или других сферах человеческой деятельности [56].

База данных - организованная в соответствии с определёнными правилами и поддерживаемая в памяти компьютера совокупность данных, характеризующая актуальное состояние некоторой предметной области и используемая для удовлетворения информационных потребностей пользователей [63].

Система управления базой данных – совокупность программных и лингвистических средств общего или специального назначения, обеспечивающих управление созданием и использованием баз данных [63].

Понятия «информация» и «знание» настолько широко освещены в литературе и представлены в различных направлениях науки, что целесообразно привести их обобщённые определения.

Информация – все, что может быть сообщено.

Знание – интерпретация информации.

Географическая информационная система (ГИС) – аппаратно-программный человеко-машинный комплекс, обеспечивающий сбор, обработку, отображение и распространение пространственных данных, интеграцию данных, информации и знаний для их эффективного использования при решении научных и прикладных задач, связанных с инвентаризацией, анализом, моделированием,

прогнозированием и управлением окружающей средой и территориальной организацией общества [56].

На основе этих определений система хранения гидрогеологической информации при проведении региональных гидрогеологических работ не может в полной мере интерпретироваться как база данных, так как она представляется в завершённом виде, т.е. является не обновляемой. В связи с этим информация и знания, полученные в ходе гидрогеологической съёмки, следует интерпретировать на основе некоего объёма накопленных данных, полученных на момент времени. Таким образом, для введения гидрогеологической съёмки и картографирования предлагается ввести новые понятия и впервые дать им определения.

Структурированный фонд геолого-гидрогеологической информации (СФГИ) – завершённая информационная система, содержащая первичные и интерпретированные данные, необходимые для построения комплекта гидрогеологических карт, а также информацию и знания о геолого-гидрогеологических условиях исследуемой территории. В широком смысле СФГИ есть ГИС. В упрощённом варианте справедливо следующее равенство:

$$\text{СФГИ} = \text{ФФ} + \text{КФ}$$

Фактографический фонд (ФФ) – это часть первичных данных, которые структурированы в информационную систему, способную хранить, систематизировать, обрабатывать и представлять объективно-привязанную и иную информацию и знания, полученные при региональных гидрогеологических работах.

Картографический фонд (КФ) – это совокупность информации и знаний, полученных на основе интерпретированных первичных данных, в том числе в фактографическом фонде, и представленных в векторном формате.

3.2. Современные проблемы представления гидрогеологической информации и пути решения

Анализ работ по созданию, применению и использованию геолого-гидрогеологической информации при мелкомасштабном картографировании по

созданным объектам за последние 20 лет позволили сформулировать основные их недостатки [40]:

1. *Нормативно-методическая обеспеченность.* Нормативно-методические документы мелкомасштабного гидрогеологического картографирования разрабатывались и совершенствовались на протяжении более 50 лет. Несмотря на то, что действующий в настоящее время методический документ [78] направлен на создание цифрового комплекта гидрогеологических карт, де-факто он ориентирован на создание «бумажной» версии с использованием компьютерных средств. Документ имеет существенные пробелы в структуре хранения и представления первичной базы данных и их увязке с картографической продукцией. В этих документах основные понятия как картографический и фактографический фонд, эталонная база знаков, эталонная база данных и прочие не определены, тем более не представлена их структура. Таким образом, формирование используемой информации и данных остается на откуп Исполнителю и, зачастую, представляет собой набор несвязанных таблиц и условную комплектность карт с хаотичным набором слоев покрытий.

Одной из важных проблем остается увязка картографической и фактографической информации между соседними листами или гидрогеологическими структурами. Особенно остро вопрос встает в согласовании гидрогеологического районирования и гидрогеологической стратификации, которые выполнялись по различным схемам и требованиям. К примеру, с 1998 по 2011 гг. требования к гидрогеологической стратификации менялись 4 раза при среднем сроке проведения картосоставительских гидрогеологических работ в течение 3-4 лет. Нередка практика, когда картографирование объектов начинали выполнять по одним требованиям, а заканчивали по другим. При этом эти требования не дополнялись, а значительно изменялись и противоречили друг другу. Существенным моментом являлось то, что последующими нормативными документами не отменялись предыдущие [38]. Фактически наблюдается следующая картина, что согласно утвержденному документу [92] гидрогеологические карты составляются по серийным геологическим легендам на

основе местных и региональных стратиграфических схем. Однако на практике активно используется неутвержденный документ [57], где принципы расчленения гидрогеологического разреза основываются на общепринятой стратиграфической шкале.

Решение проблемы нормативно-методической обеспеченности региональных гидрогеологических работ очевидно и заключается в подготовке, апробации и дальнейшем вводе в действие иерархичной и согласованной системы новых методических документов, во главе которых должно стоять «Методическое руководство по составлению и подготовке к изданию листов государственных гидрогеологических карт России масштаба 1:1 000 000». Для повышения эффективности региональных работ методическое руководство необходимо сопроводить следующими документами:

- требования и принципы гидрогеологической стратификации разреза гидрогеологических структур;
- единое гидрогеологическое районирование территории России;
- единые требования к составу, структуре и форматам представления в Научно-редакционный совет (НРС) Роснедра комплектов цифровых материалов листов Государственных гидрогеологических карт;
- единая эталонная база данных (ЭБД) гидрогеологической информации для региональных работ;
- единая эталонная база знаков (ЭБЗ).

Стоит отметить, что попытка ввода ЭБЗ в гидрогеологическое картографирование впервые была предпринята коллективом авторов ФГУП «ВСЕГИНГЕО» в 2014 г., а в 2019 г. для внутреннего пользования ФГБУ «Гидроспецгеология» приняла адаптированную ее версию. Новая версия ЭБЗ должна рассматриваться только совместно с ЭБД и иметь общее кодирование информации, используя принятые общероссийские, отраслевые и общесистемные классификаторы и сохраняя преемственность баз знаков из смежных направлений,

в частности разработанную в ФГБУ «ВСЕГЕИ» эталонную базу изобразительных средств, предназначенную для геологического картографирования.

2. *Качество информации.* Проблему качества информации можно разделить на 2 группы: зависящую от Исполнителя и независящую. К первой группе помимо ошибок и субъективности Исполнителя относится использование устаревших материалов и игнорирование современных данных. Изобилие фактического материала при его разном качестве требует целенаправленного подхода. Внедрение критериев отбора исходной информации, которые будут определять приоритет источников ее получения, – единственный способ решения данной проблемы. Данные о месторождениях подземных вод следует заимствовать из информационной системы «Учет и баланс подземных вод» и бюллетеней Росгеолфонда; информацию по добыче питьевых, технических и минеральных подземных вод — из форм федерального статического наблюдения № 3-ЛС — для минеральных вод и 4-ЛС — для питьевых и технических подземных вод [73]. Однако для создания комплекта гидрогеологических карт приведенных в них данных недостаточно, поэтому необходим сбор отчетов по разведочным и поисково-оценочным работам на подземные воды, также необходимо привлечение материалов обзорного и крупномасштабного картографирования. Фактический материал должен частично перекрывать территорию листов соответствующей номенклатуры и характеризовать природные условия.

Ко второй группе относятся:

- быстрое «устаревание» гидрогеологической информации (для территорий с интенсивным использованием подземных вод величина составляет около 20-25 лет);
- доступность геологических фондов организации (часть отчетов не направляется в общедоступные геологические фонды, хранение осуществляется во внутренних фондах организаций);
- рукописное и бумажное хранение информации, отсутствие электронных версий отчетов;

- условность координатных привязок гидрогеологических объектов;
- искаженные данные из-за их многократной интерпретации под задачи, отличающиеся от исходных;
- арифметические ошибки и прочее.

Выявление проблемы качества информации, связанной с неточностями и ошибками в исходных данных, полностью зависит от квалификации Исполнителя и его умения итерировать исходную информацию по принципу: целое – частное, частное – целое.

3. *Отсутствие опережающего фактографического фонда гидрогеологической информации.* Несмотря на активизацию региональных работ в последние 20 лет, гидрогеологическая изученность территории России в полистной мелкомасштабной съемке находится на уровне 25% (рис. 3.1). Внедрение опережающего фактографического фонда гидрогеологической информации позволит не только увеличить прирост гидрогеологической изученности, но и повысить качество картографической продукции, в следствие чего увеличится эффективность использования собранных материалов и согласованность разных карт между собой. При этом опережающий фактографический фонд не должен быть окончательным продуктом, а лишь основой для его последующего пополнения на всех этапах реализации проекта. Создание опережающего фактографического фонда рационально только в случае создания мониторинга региональных гидрогеологических работ. Практика введения мониторинга региональных работ уже внедрена геологами.

4. *Нормализация представления картографической продукции.* Согласно [78] цифровые модели карт представляются на основании требований к геологическим картам [43]. Учитывая, что карты гидрогеологического и геологического комплекта различны, Исполнитель вправе трактовать предлагаемые требования по-своему. В результате часть значимой информации (например, полученной в ходе полевых или аналитических работ) может быть не востребована в итоговой продукции или, наоборот, происходит необоснованное ее перенасыщение. Также

остается нерешенным вопрос, что должно представляться в печатном, а что в цифровом виде, есть ли необходимость полного дублирования или же полную информацию хранить только в электронном виде, а в бумажном – частично. Особенно это касается информации, полученной в ходе полевых работ, когда данные сначала вносятся в полевые дневники, акты обследования водопунктов, акты полевых лабораторных исследований, акты отбора проб и прочую полевую документацию; затем эти же данные благополучно дублируются в базы данных и оцифровываются, что неизбежно приводит к техническим ошибкам. Учитывая опыт ведения полевой геологической документации [116], целесообразно начать разработку собственного программного обеспечения, адаптированного под задачи гидрогеологического картографирования.

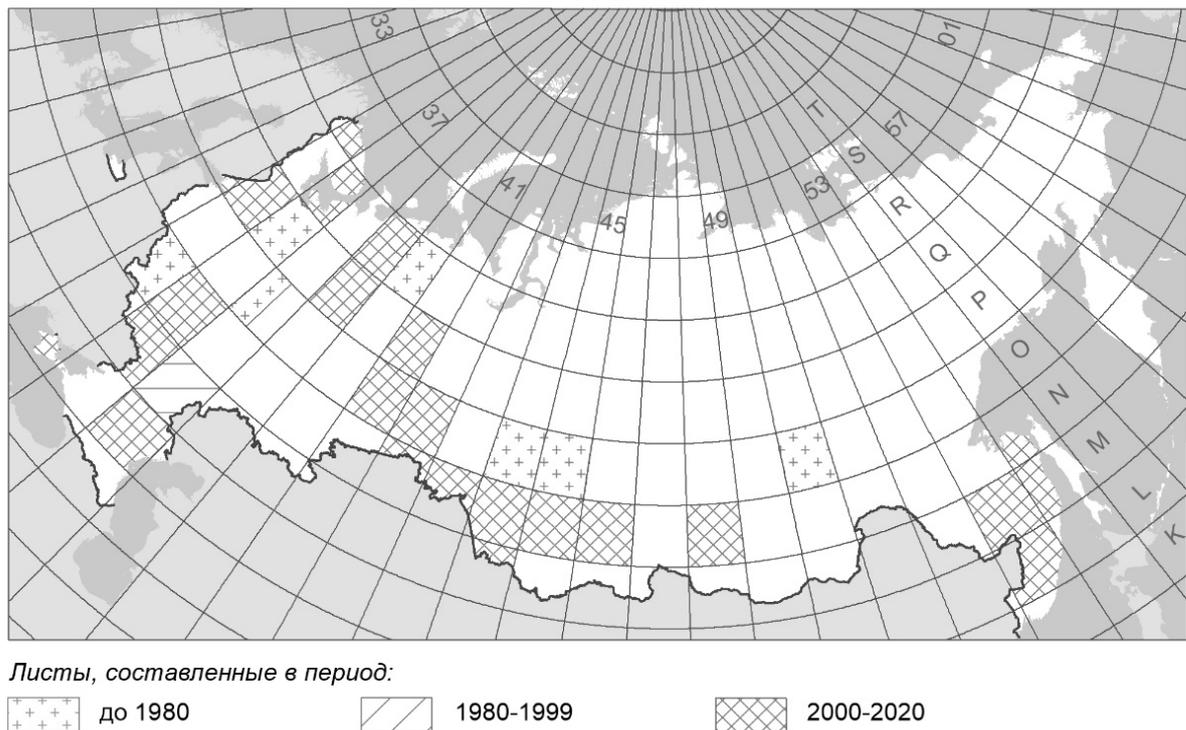


Рис. 3.1. Картограмма гидрогеологической изученности территории России масштаба 1:1 000 000 по состоянию на 01.01.2021 г.

Еще одной из важных проблем остается отсутствие уникального идентификатора водопункта или беспорядочное его присвоение. В первом случае номера водопунктов принимаются как в первоисточнике, в результате в базах данных хранятся разные водопункты с одинаковым номером. Во втором –

уникальный идентификатор определяется порядковым номером внесения водопункта в базу данных, в результате в печатном макете карты найти его становится весьма затруднительно.

3.3. Основные положения структурированного фонда геолого-гидрогеологической информации (СФГИ)

Региональные оценки прогнозных ресурсов подземных вод в настоящее время осуществляются на основе построенных карт прогнозных ресурсов подземных вод, которые являются результатом комплексного анализа гидрогеологических условий территории, в результате которого устанавливаются или уточняются условия формирования ресурсов подземных вод в различных гидрогеологических подразделениях и оценивается их перспективность для практического использования в различных целях. Оценка ПРПВ обобщает сведения о пространственном расположении подземных вод [132], их гидрохимическом составе, защищенности и современном использовании. Карта ПРПВ является основной картой для решения проблем питьевого и технического водоснабжения [50]. Таким образом, региональная оценка ПРПВ должна сопровождаться целым комплексом вспомогательных материалов, их перечень, состав и структура предложены в настоящей главе на основе созданного автором структурированного фонда геолого-гидрогеологической информации (СФГИ).

В работе представлен авторский типовой СФГИ, основной задачей которого является учет и сохранение разнородной первичной информации для различных мелкомасштабных гидрогеологических исследований, в том числе создания комплектов Государственных гидрогеологических карт масштаба 1:1 000 000 и специализированных работ по региональной оценке прогнозных ресурсов. Предложенный СФГИ способен решать проблемы использования и представления гидрогеологической информации при мелкомасштабном картографировании, в том числе при оценке ПРПВ.

Результатом применения СФГИ являются апробированные работы на НРС Роснедра при создании комплектов гидрогеологических карт масштаба 1:1 000 000:

для листа Р-39-Сыктывкар (ФГБУ «Гидроспецгеология», 2019 г.); Q-41-Воркута (ФГБУ «Гидроспецгеология», 2022 г.) для Печорского артезианского бассейна (ФГУП «ВСЕГИНГЕО», 2016 г.) [157ф]. Одной из основных проблем при создании карт Печорского АБ являлось обобщение и приведение в соответствие разрозненных и несогласованных локальных схем по 8 листам Государственных геологических карт масштаба 1:1 000 000 (ГГК-1000) и ГГК-200 разных поколений с разной степенью изученности. Помимо картосоставительских работ, СФГИ был применен при построении гидрогеодинамической модели Усинского района восточной части Печорского артезианского бассейна (Институт водных проблем РАН, 2020 г.) [42].

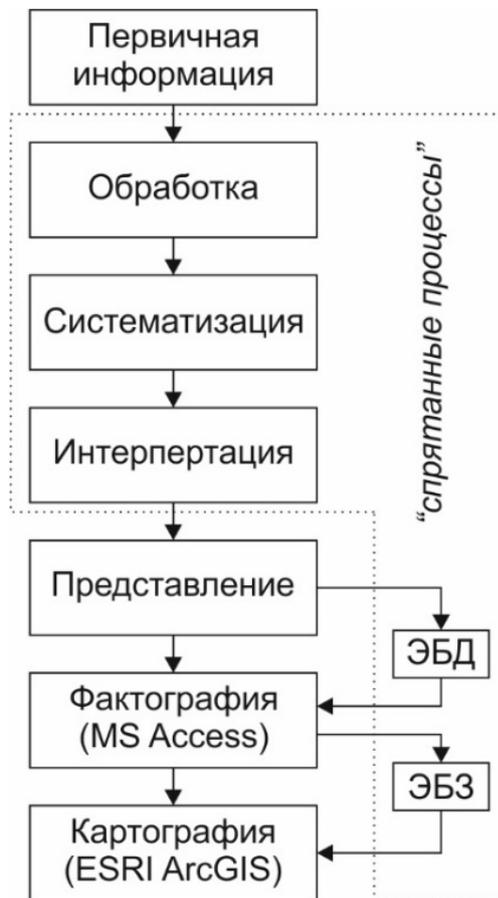


Рис. 3.2. Принципиальная схема структурированного фонда геолого-гидрогеологической информации

СФГИ реализован в программной связке ESRI ArcGIS, являющимся одним из лидеров в индустрии ГИС, имеющих широкое распространение в мире и, в частности, в России, обладающий большими возможностями по созданию,

редактированию и визуализации различных пространственных данных, и доступный для большинства пользователей MS Office Access, имеющий широкий спектр функций, включая связанные запросы, связь с внешними таблицами и базами данных.

Принципиальная схема СФГИ представлена на рис. 3.2 и заключается в манипуляции первичной информацией путем ее обработки, систематизации и интерпретации, и в представлении ее сначала в фактографическом виде с использованием эталонной базы данных, затем уже в картографическом виде при помощи эталонной базы знаков.

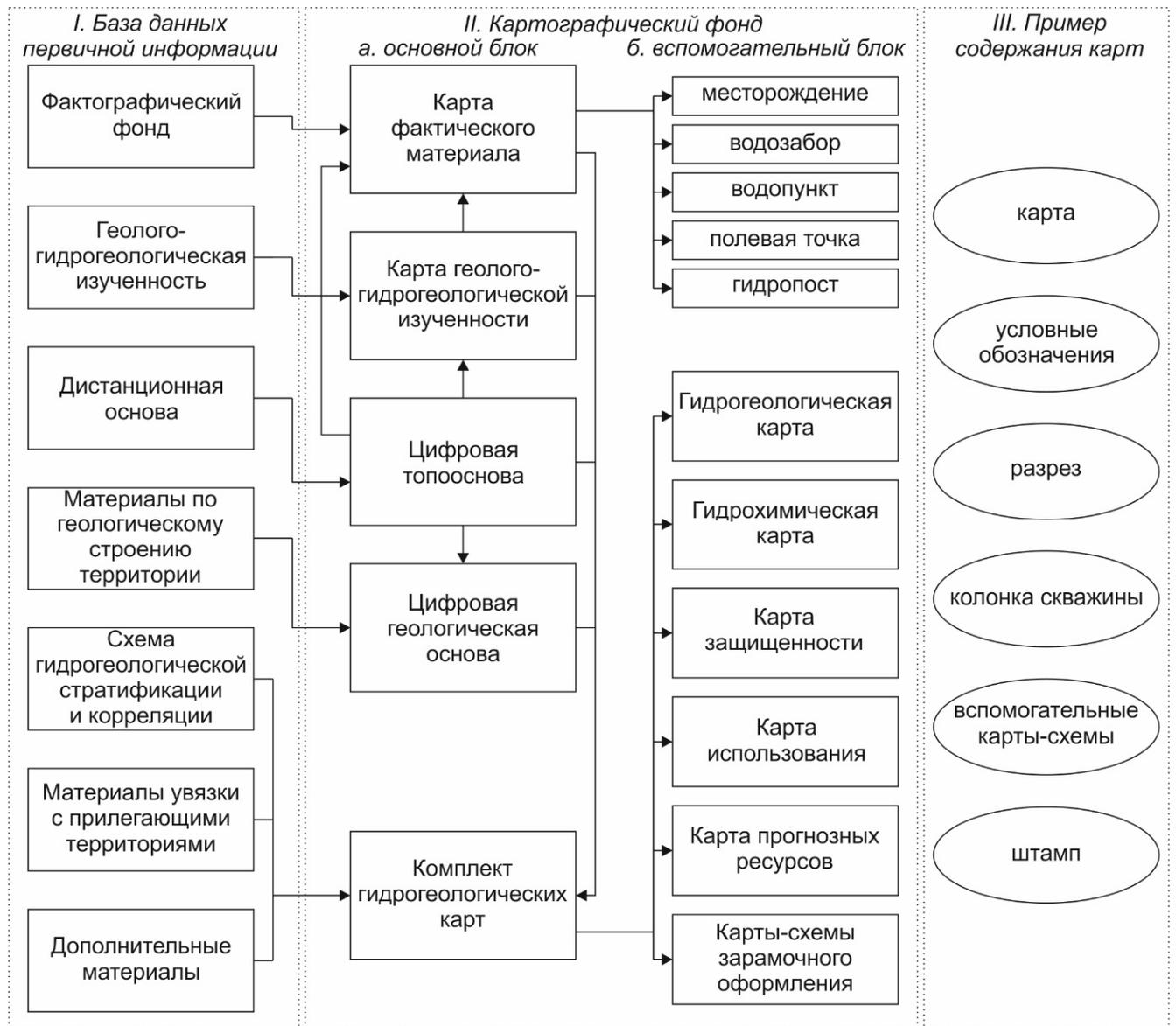


Рис. 3.3. Структурированный фонд геолого-гидрогеологической информации

Структурированный фонд геолого-гидрогеологической информации представлен на рис. 3.3 и состоит из картографического фонда и базы данных первичной информации, включающей данные фактографического фонда. Все гидрогеологические карты и схемы, выполненные в программном обеспечении ESRI ArcGIS, собраны в цифровом виде в картографическом фонде. Принципиальная структура картографического фонда позаимствована из [43, 77] и дополнена [78] с авторскими изменениями. База данных первичной информации характеризуется тем, что в ней хранятся материалы в аналоговом и цифровом виде, которые реализованы в картографическом фонде. В общем случае аналоговая информация дублируется в цифровом виде с использованием ЭБД и включает:

- описание точек наблюдения при проведении гидрогеологических маршрутов;
- первичная документация скважин;
- журналы отбора проб подземных вод;
- акты обследования источников, колодцев, скважин, водозаборов;
- журналы гидрологических исследований;
- результаты лабораторно-аналитических исследований;
- другие первичные данные, полученные в ходе работ.

3.4. Критерии отбора информации и источники ее получения

В главе 3.2 изложена одна из основных проблем – критерии отбора исходной информации и источники ее получения. Существует множество критериев для классификации информации, один из которых – степень ее обновления. По этому критерию информацию можно разделить на: не обновляемую (фондовую или опубликованную) и обновляемую (мониторинговую). Для каждой группы ниже приведены критерии отбора и источники ее получения.

Основной целью обобщения *фондовой и опубликованной информации* является получение полных и достаточных данных для построения цифрового комплекта гидрогеологических карт по геологическому строению, гидрогеологическим условиям, результатам ранее выполненных

геологоразведочных работ на подземные воды, месторождениям (участкам) и водозаборам подземных вод, действующим схемам стратификации гидрогеологических подразделений, гидрогеологической, геологической информации по исследуемой территории. В процессе работ систематизируются все имеющиеся материалы по геологии четвертичных образований и дочетвертичных отложений, гидрогеологии, геоморфологии, сведения о прогнозных ресурсах и запасах подземных вод, месторождениях (участках) и водозаборах подземных вод, экологической и водохозяйственной обстановке на площади месторождений и прилегающих территорий, инженерно-геологическим и геокриологическим условиям. При сборе материалов геолого-поисковых и съёмочных работ особое внимание должно уделяться опорным гидрогеологическим разрезам и колонкам скважин.

Основополагающими являются следующие материалы:

1. Государственные геологические карты масштаба 1:1 000 000 последнего поколения (ГК-1000/3) с объяснительными записками по изучаемому листу и смежным листам; геологические карты масштаба 1:200 000 с объяснительными записками, групповые съемки;
2. Изданные или подготовленные к изданию гидрогеологические карты масштабов 1:1 000 000 - 1:200 000 и объяснительные записки к ним;
3. Авторские варианты (не подготовленные к изданию) гидрогеологических карт масштабов 1:1 000 000 - 1:200 000 и геологические отчеты к ним;
4. Отчеты по результатам поисково-оценочных и разведочных работ, содержащие результаты подсчета запасов подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения населения, а также поддержания пластового давления при разработке нефтяных месторождений и протоколы их государственной экспертизы;
5. Отчеты по результатам обобщающих работ с картами масштабов от 1:500 000 до 1:2 500 000 и материалами, содержащими сведения о гидрогеологических, геокриологических условиях, прогнозных ресурсах и месторождениях подземных вод;

6. Отчеты по созданию тематических гидрогеологических карт масштаба 1:1 000 000 по гидрогеологическим структурам, частично или полностью охватывающие исследуемую территорию;
7. Отчеты о результатах бурения опорных, параметрических, нефтегазопроисловых скважин, содержащих фактическую информацию о геологических подразделениях и данные их гидрогеологического опробования;
8. Обзорные, изданные и фондовые геологические, инженерно-геологические, тектонические и гидрогеологические карты и разрезы, карты тектонического и гидрогеологического районирования последних лет;
9. Отчеты с результатами ранее выполненной региональной оценки прогнозных ресурсов и запасов подземных вод; оценки обеспеченности населения ресурсами подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения с подсчетом прогнозных ресурсов подземных вод; оценки и переоценки естественных ресурсов подземных вод;
10. Опубликованные материалы (в первую очередь монографического характера) по гидрогеологии, геологии, инженерной геологии, геокриологии, экологии изучаемой территории, а также методического и научного характера по вопросам картографирования, стратификации, оценки прогнозных ресурсов и запасов подземных вод.

Основными источниками фондовой и опубликованной информации являются ФГБУ «Росгеолфонд» и их территориальные фонды, федеральная государственная информационная система «Единый фонд геологической информации о недрах» (ФГИС «ЕФГИ»), ФГБУ «ВСЕГЕИ» для получения изданных геологических карт и объяснительных записок к ним, ФГБУ «Гидроспецгеология» и прочие геологические фонды.

Основной целью обобщения *мониторинговой информации* является систематизация имеющихся материалов по прогнозным ресурсам и запасам подземных вод, месторождениям (участкам) и водозаборам подземных вод,

экологической и водохозяйственной обстановке на площадях месторождений и прилегающих территорий, наблюдательным пунктам в рамках государственного и объектового мониторинга состояния недр, метеорологическим и гидрометрическим наблюдениям.

Основополагающими являются следующие материалы:

1. Данные о месторождениях (участках), включая протоколы утверждения и постановки на учет запасов подземных вод;
2. Данные о водозаборах, приведенные в лицензиях на пользование недрами, включая оперативные данные, представляемые по форме 4-лс и 3-лс;
3. Отчеты и изданные информационные бюллетени по результатам ГМСН для сбора сведений о современном гидродинамическом и гидрохимическом состоянии подземных вод на изучаемой территории;
4. Данные мониторинга поверхностных вод с гидропостов.

Основными источниками информации являются:

1. ФГБУ «Гидроспецгеология» для получения данных государственного и объектового мониторинга состояния недр в части подземных вод;
2. ФГИС «Учет и баланс подземных вод» [54] и Федеральная государственная автоматизированная система лицензирования недропользования (ФГИС «АСЛН») для получения информации о месторождениях (участках) и водозаборах;
3. Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов (АИС «ГМВО») для получения информации о динамике и химическом составе поверхностных вод.

3.5. Картографический фонд как основа выделения перспективных гидрогеологических подразделений для оценки прогнозных ресурсов подземных вод

Картографический фонд реализуется в программном комплексе ESRI ArcGIS с помощью многослойного векторного представления информации тематическими слоями в формате полигональных, полилинейных и точечных файлов. Картографический фонд создается на основе фактического материала,

используемого на цифровых топографической и геологической основах, который является фундаментом построения основных карт комплекта гидрогеологических карт. Карты создаются в соответствии с «Методическим руководством по составлению и подготовке к изданию листов государственных гидрогеологических карт Российской Федерации масштабов 1: 1 000 000 и 1: 200 000» (МПР, Роснедра, ФГУП «ВСЕГИНГЕО», 2015 г) [78]. Результирующей картой картографического фонда является карта ПРПВ (рис. 1.3), остальные карты комплекта помогают отвечать на основные вопросы природы этих ресурсов:

1. Распространение подземных вод. *Гидрогеологическая карта с гидрогеологическими разрезами* является информационной моделью, содержащей в себе сведения об общих гидрогеологических условиях изучаемой территории, распространении и водообильности водоносных подразделений, глубины их залегания, величинах напоров водоносных горизонтов, типах и минерализации подземных вод, литологических и фациальных особенностях водоносных и водоупорных толщ. Задачами гидрогеологической карты являются: выявление закономерностей распространения и формирования подземных вод; уточнение и обоснование границ гидрогеологических структур; проведение гидрогеологической стратификации осадочного чехла в платформенных гидрогеологических структурах на основании геологических, гидрогеологических, гидрохимических характеристик; характеристика свойств подземных вод как гидрогеологической основы для их хозяйственного использования и охраны.

2. Качество подземных вод. *Гидрохимическая карта основных водоносных подразделений* – это информационная модель, которая отражает вещественный состав подземных вод, условия его распространения и формирования. Задачами гидрохимической карты являются: выявление особенностей распространения, условий и процессов формирования состава подземных вод; характеристика качества подземных вод; изучение закономерностей изменения вещественного состава и свойств подземных вод по площади и в разрезе гидрогеологических структур в природных условиях и под влиянием техногенного воздействия.

3. Защищенность подземных вод. *Карта защищенности основных водоносных подразделений*, как правило, определяет возможность поступления загрязнения в целевой водоносный горизонт с поверхности земли, при условии наличия на ней потенциальных источников загрязнения, или в результате межпластового перетекания с поверхности земли. Оценка степени защищенности подземных вод выполняется на основе положений и технологий определения защищенности подземных вод согласно разработкам, изложенным в работах В.М. Гольдберга [31], с незначительной модификацией. В частности, выполняется качественная оценка с определением суммарной защищенности подземных вод, зависящей от комплекса природных, техногенных, реже физико-химических факторов. Основными факторами влияния на защищенность подземных вод от загрязнения являются: мощность и фильтрационные (литологический состав) свойства зоны аэрации; мощность и фильтрационные (литологический состав) свойства перекрывающих водоносный горизонт пород. Для напорных вод учитывается также соотношение уровней (напоров). В качестве природного фактора учитывается рельеф и его расчлененность. Кроме природных учитывается также техногенные факторы, влияющие на защищенность подземных вод [30,31].

4. Использование подземных вод. *Карта использования питьевых, технических, минеральных подземных вод* отображает возможную обеспеченность прогнозными ресурсами и запасами подземных вод для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, а также минеральных вод для бальнеологических целей и розлива, степень их современного использования. На ее основе решаются проблемы более рационального использования подземных вод, обоснования выдачи лицензий на геологическое изучение и добычу подземных вод.

3.6. Фактографический фонд как основа формирования базы модели необходимыми параметрами

Структурированный фонд фактографической информации (СФФИ) содержит информацию о геологических, гидрохимических и гидродинамических характеристиках объектов, вскрывших подземные воды на территории

исследования. Это информация об опробованных в ходе полевых работ водозаборах, родниках, а также ретроспективные данные, включающие информацию в основном об эксплуатационных и гидрогеологических скважинах, родниках, колодцах, данные мониторинга об уровне и химическом составе подземных вод, а также данные о ресурсах подземных вод – о месторождениях пресных и минеральных вод. СФФИ объединяет блоки информации по объектам физического опробования, опорным скважинам, месторождениям пресных и минеральных вод, водозаборах, таблицы с данными по гидродинамическим и гидрохимическим характеристикам водоносных горизонтов, а также классификаторы и вспомогательные таблицы. Связи между таблицами в пределах информационных блоков поддерживают целостность данных [56], что исключает появление дубликатов и потерянных записей.

Работа с СФФИ реализована внутри рабочей группы по локальной сети, что позволяет всем ее участникам одновременно просматривать, изменять, пополнять фактографический фонд. В СФФИ заложено автоматическое ведение журнала изменений записей участниками в таблицах. Встроенные запросы позволяют выявлять ряд ошибок при внесении данных. Защита СФФИ выполнена шифрованием внутри рабочей группы, также предусмотрено автоматическое резервное копирование в установленные сроки. Аналогично с [82] окончательная версия СФФИ получается только согласованно и после нескольких итераций обработки информации.

Структура фактографического фонда представлена 3 блоками (рис. 3.4): независимый, основной, вспомогательный. Вся информация в этих блоках на логическом уровне представлена единственным способом – значениями в таблицах.

В независимый блок включены таблицы справочников и источника первичной информации. Таблицы справочников предназначены для классификаций объекта гидрогеологического изучения и его признаков, а также для сортировки и быстрого поиска. Наличие большого количества справочников минимизирует ошибки при заполнении информации. В СФФИ внедрено более 30

классификаторов (справочников): общероссийских, отраслевых, общесистемных и локальных, часть из которых была использована при разработке информационно-аналитической системы для ведения Государственного мониторинга состояния недр «Подземные воды» [83].

Источник первичной информации является по своей сути перечнем используемых документов с информацией о литературном и ином источнике, из которого были получены данные. Уникальный идентификатор первоисточника в СФФИ определен по большей части уникальным номером единицы хранения в Росгеолфонде, реже – в территориальных фондах и прочих базах данных. Хранение сведений о первоисточнике в каждой таблице позволяет повторно обращаться к исходной информации.

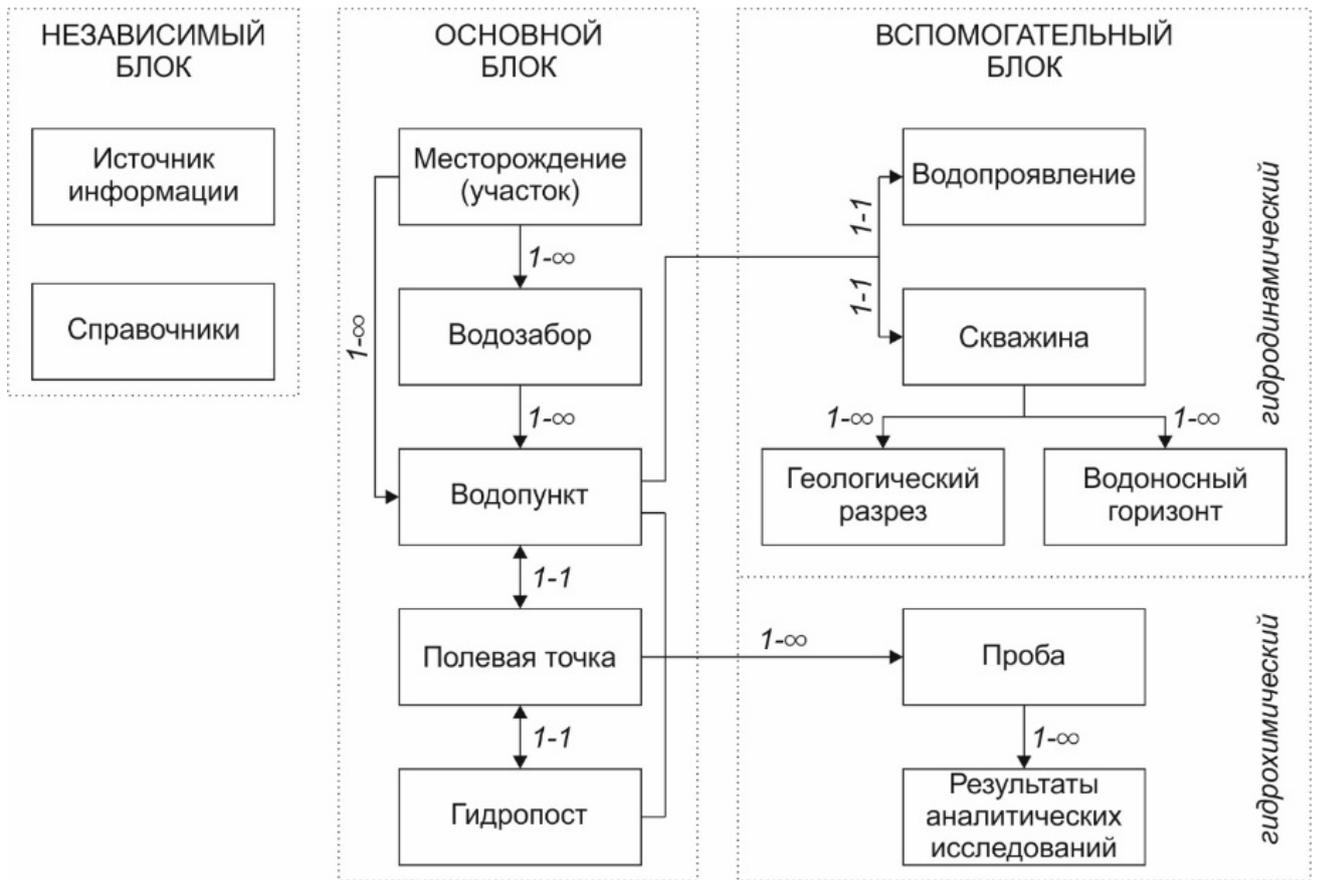


Рис. 3.4. Структура фонда фактографической информации

В основной блок включены гидрогеологические объекты, имеющие пространственную привязку: месторождения и участки месторождений, водозаборы, водопункты, точки наблюдения в ходе проведения полевых работ,

гидрологические посты. При мелкомасштабном картографировании все эти объекты нивелируются в точечные. Для организации связи объектов фактографического и картографического фондов используется значение уникального идентификатора объекта. Уникальность значений идентификатора соблюдается в рамках всего множества геолого-картографических объектов, информация по которым включена в СФГИ. Каждому объекту основного блока автоматически присвоен неслучайный четырех-пятизначный числовой номер для идентификации объекта на картах. Код объекта представляет собой местоположение на карте, которое определяется системой уравнений (3.1), тип точечного объекта и его порядковый номер внесения в СФФИ. Местоположение на карте характеризуется пространственным индексом (SPIN), который представляет собой последовательно пронумерованные листы масштаба 1:200 000, начиная с единицы (например, SPIN=1 для листа P-39-I, SPIN=36 для листа P-39-XXXVI).

$$\left\{ \begin{array}{l} X_{min} < x \leq X_{max} \\ Y_{min} < y \leq Y_{max} \\ SPIN = (X_{max} - X_{min}) \left[\frac{|y - Y_{max}|n_y}{Y_{max} - Y_{min}} \right] + \left[\frac{(x - X_{min})n_x}{X_{max} - X_{min}} \right]; \end{array} \right. \quad (3.1)$$

где $SPIN$ – порядковый номер листа номенклатуры листа масштаба 1:200 000; X_{min} , X_{max} , Y_{min} , Y_{max} – угловые координаты листа; n_y , n_x – шаг разбивки (для номенклатуры листа масштаба 1:1 000 000 принимается равным 6, что соответствует номенклатурам листа масштаба 1:200 000); x , y – координаты гидрогеологического объекта.

Для нормализации данных основного блока создан вспомогательный блок, состоящий из гидродинамической и гидрохимической составляющей. В гидродинамическую включены водопроявления, отражающие информацию о родниках и колодцах, скважина, геолого-гидрогеологический разрез и водоносный горизонт. В гидрохимическую включены проба и результаты химического опробования. Дополнительно в вспомогательный блок возможно внедрение таблиц с данными о мониторинге геологической среды и модельными данными.

3.7. Результаты применения структурированного фонда геолого-гидрогеологической информации при оценке прогнозных ресурсов подземных вод восточной части Печорского артезианского бассейна

В основе каждой региональной гидрогеодинамической модели должна находиться модельная база, которая будет наполнена необходимой достаточной информацией – параметрами. Набор параметров при этом определяется от выбранного численного метода и заданных граничных условий. При оценке ПРПВ Усинского района восточной части Печорского артезианского бассейна [42] необходимыми параметрами для решения задачи являлись: гипсометрическое положение гидрогеологических слоев; положение водозаборных и наблюдательных скважин; динамические данные по уровням подземных вод, расходам скважин; инфильтрационное питание; проводимость основного водоносного горизонта и проводимость подрусловых отложений. Данные для построения модели были получены при использовании СФГИ.

Картографическая часть базы включала топографические, гидрогеологические, геокриологические, геологические, структурные и другие карты масштабов 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000 и 1:1 000 000, реже использовались карты обзорного масштаба. В результате построен комплект цифровых гидрогеологических карт восточной части Печорского артезианского бассейна, на основе которого выявлены продуктивные и перспективные гидрогеологические подразделения для оценки ПРПВ.

Фактографическая часть базы содержала:

- информацию о величинах водоотбора по эксплуатационным скважинам;
- информацию об уровнях подземных вод по режимным и эксплуатационным скважинам на разные моменты времени;
- описание геологических колонок скважин;
- данные об оборудовании скважин;
- результаты гидрохимического опробования;
- результаты опытно-фильтрационного опробования, материалы по условиям лицензирования и т.д.

Оценка прогнозных ресурсов опиралась преимущественно на материалы крупномасштабных, реже среднемасштабных съемочных работ, а также на данные опытно-фильтрационных работ и фактические данные, полученные при бурении скважин. Для исследуемой территории учтены материалы по 22 месторождениям подземных вод и 111 разведочно-эксплуатационным, поисковым и картировочным скважинам.

Для определения регионального перспективного гидрогеологического подразделения на территории всего Печорского АБ были учтены данные на 157 месторождениях (участках месторождений); 156 одиночных лицензионных водозаборных участках; данные на 557 водопунктах (в том числе на 402 скважинах и 155 родниках и колодцах), включающие сведения о геологическом разрезе, об опробованных гидрогеологических подразделениях, результаты гидрохимического опробования и прочие сведения; а также данные, полученные в ходе полевых работ за 2014-2015 гг. по 720 точкам наблюдения и опробования. На основе полученных данных определены основные водоносные подразделения, уточнена гидрогеологическая стратификация, в том числе четвертичных образований (см. главу 2), построен комплект гидрогеологических карт. Оценены перспективные участки для дальнейшей оценки ПРПВ.

ГЛАВА 4. РЕГИОНАЛЬНАЯ ОЦЕНКА РЕСУРСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД УСИНСКОГО РАЙОНА (ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ПЕЧОРСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА)

4.1. Обоснование выбора расчетной схемы

Оценка прогнозных ресурсов подземных вод (ПРПВ) имеет важное стратегическое значение в части знания ресурсной базы подземных вод и её рационального использования. На сегодняшний день оценка ПРПВ осуществляется в рамках региональных гидрогеологических работ [15,103], а сами ресурсы приводятся в соответствии с действующей классификацией [62].

Ресурсы подземных вод позволяют охарактеризовать: количество воды, находящееся в водоносном подразделении – емкостные запасы; количество воды, поступающее в водоносное подразделение – питание; количество воды, которое может быть рационально в технико-экономическом отношении отобрано при заданных ограничениях. В общем балансе водоотбора удельный вес использования емкостных запасов уже через 10-20 лет после начала эксплуатации не превышает нескольких процентов, а в пределе, при неограниченном сроке работы водозабора, равен нулю. Поэтому при подсчете ресурсов подземных вод следует ориентироваться на весьма длительный, практически неограниченный период эксплуатации [123]. В результате оценка ресурсов подземных вод основывается на оценке питания. При этом можно выделить два варианта оценок в зависимости от схемы эксплуатации в технико-экономическом отношении при заданных ограничениях, в том числе допустимых понижениях напоров [41]:

1. Оценка потенциальных ресурсов, которая исходит из равномерного размещения фактических и гипотетических водозаборных сооружений по всей площади распространения гидрогеологических подразделений. Согласно [62], такие ресурсы справедливо отнести к категориям P_2 и P_3 . Частный вариант оценки потенциальных ресурсов – предельный, при котором расстояния между водозаборными сооружениями будут стремиться к нулю.

2. Оценка перспективных ресурсов, которая исключает гипотетическую вероятность размещения водозаборных сооружений и учитывает только

фактическую возможность увеличения водоотбора на участках, уже имеющих свою инфраструктуру. В соответствии с [62], такие ресурсы справедливо отнести к категории P_1 .

Для оценки потенциальных ресурсов водозаборы размещаются в каждом блоке равномерной модельной сетки, а для оценки перспективных — только в тех блоках, где уже имеются действующие или проектируемые водозаборы. При этом на оценку оказывает влияние размер блоков. Для выбора оптимальной сеточной разбивки области моделирования максимальный размер блоков в модели, при котором горизонтальные потоки могут быть адекватно описаны, можно оценить из следующих соображений.

В балансовых соотношениях для каждого блока суммарная величина поверхностного питания пропорциональна площади блока (4.1):

$$Q_{ep} = WL^2, \quad (4.1)$$

где Q_{ep} – естественные ресурсы подземных вод; W – инфильтрационное питание; L – ширина блока.

Притоки (оттоки) воды через боковые грани пропорциональны первой степени размера блока и по порядку величины равны (4.2):

$$Q_{бок} \approx LkmI \quad (4.2)$$

где $Q_{бок}$ – горизонтальный поток подземных вод; km – проводимость; I – градиент напоров.

Таким образом, при (4.3):

$$L \gg \frac{kmI}{W} \quad (4.3)$$

боковые притоки представляют собой малый поправочный член в балансовом соотношении с другими членами уравнения. Поэтому для таких грубых сеток относительная погрешность их вычисления может оказаться недопустимо большой. Чтобы горизонтальный поток в смежные блоки не был малым в уравнении баланса для оценки перспективных ресурсов подземных вод, следует использовать следующий критерий для оценки характерного планового шага L модельной конечно-разностной сетки (4.4):

$$L \leq \frac{kmI}{W} \quad (4.4)$$

Для оценки ресурсов подземных вод при численных решениях задач также необходимо учитывать, что размер расчетных блоков должен быть больше ширины реки и характерного размера воронки депрессии около скважины.

Основными критериями при выборе шага сетки помимо гидрогеологических условий, описанных выше, для оценки потенциальных и перспективных ресурсов подземных вод являются:

- геолого-гидрогеологическая изученность;
- степень хозяйственного освоения территории (густота имеющихся и проектируемых водопотребителей городских и сельских населенных пунктов на оцениваемой территории);
- природные условия, определяющие возможность размещения будущих объектов водопотребления (характер рельефа местности, заболоченность, наличие месторождений полезных ископаемых и другие).

4.2. Оценка перспективных ресурсов подземных вод Усинского района

В условиях нарастающего ухудшения качества поверхностных вод в Усинском районе, а также развитием нефтедобычи, кондиционные пресные подземные воды позволят существенно повысить водообеспеченность района. В работе выполнена оценка перспективных ресурсов подземных вод по категории P_1 , т.е. на участках, уже имеющих соответствующую инфраструктуру, находящихся непосредственно рядом с водопотребителем. Согласно [62] прогнозные ресурсы категории P_1 учитывают возможность увеличения запасов на разведанных или оцененных месторождениях подземных вод, количество которых в Усинском районе за последние 20 лет увеличилось более чем в 5 раз.

В предлагаемом исследовании оценка перспективных ресурсов выполнена с использованием метода математического моделирования, способного описать сложные геолого-гидрогеологические условия территории, рассчитать величину привлекаемых ресурсов, формирующихся за счет поверхностных вод, и оценить

латеральный поток подземных вод [127,131], которому ранее практически не уделялось внимания. Оценка перспективных ресурсов опиралась преимущественно на материалы геологических, гидрогеологических, гидрохимических, гидрометрических работ и исследований в районах разведанных и оцененных месторождений. Собранные разнородные материалы использовались с помощью СФГИ.

4.2.1. Моделирование геофильтрации и численный метод

Сложные геолого-гидрогеологические условия исследуемой территории, а именно:

- пространственная неоднородность отложений четвертичных образований;
- два типа мерзлоты (развитой с поверхности и реликтовой);
- различные условия взаимосвязи подземных и поверхностных вод;
- неоднородность условий инфильтрационного питания;
- наличие крупного и мелкого водоотбора неравномерного по площади;
- сложные условия формирования химического состава подземных вод

определяют существенный разброс значений основных расчетных параметров и граничных условий. Оценка перспективных ресурсов подземных вод выполнена гидродинамическим методом – математическим моделированием. Именно с использованием гидродинамического моделирования можно оценить реальные гидрогеологические условия на период работы действующего водозабора и дать прогноз их дальнейшего развития с учетом дополнительной нагрузки на уже действующие водозаборы.

По геолого-гидрогеологическим условиям территория исследования представляет собой водоносную систему, состоящую из двух водоносных пластов (средненеоплейстоцен (6 ступень) - голоценовая водоносная толща и чирвинский водоносный горизонт), разделенных относительно водоупорным горизонтом (тимано-уральским). Распространение ММП гипсометрически ниже чирвинского водоносного горизонта ограничивает отток из горизонта в нижележащие гидрогеологические подразделения. Уравнения, описывающие взаимодействие

фильтрационных процессов в средненеоплейстоцен (6 ступень) - голоценовом и чирвинском пластах, содержат в качестве искомым функций величину напора $H=H(t,x,y)$ в чирвинском горизонте и уровня грунтовых вод $h=h(t,x,y)$. В дальнейшем предполагается, что в пластах, перекрывающих чирвинский водоносный горизонт, можно пренебречь фильтрацией в горизонтальном направлении. Это упрощение было предложено в работах [29,84] для задач в неоднородно-слоистых пластах. В приближении Мятиева-Гиринского движение воды описывается уравнениями (4.5):

$$\begin{cases} \mu \frac{\partial h}{\partial t} = Q_{\text{верт}} + W \\ \mu^* \frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(T \frac{\partial H}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(T \frac{\partial H}{\partial y} \right) - Q_{\text{верт}} + q_{\text{скв}} + q_p \end{cases} \quad (4.5)$$

где μ , μ^* – коэффициент гравитационной и упругой емкости; T – проводимость проницаемого изотропного слоя в горизонтальном направлении; $Q_{\text{верт}}$ – поток подземных вод из напорного горизонта в безнапорный; W – инфильтрационное питание; $q_{\text{скв}}$ и q_p – интенсивность поступления воды в горизонт из скважин и рек в расчете на единицу площади (в случае водоотбора из скважин величина $q_{\text{скв}}$ отрицательна). Поток подземных вод из напорного горизонта в безнапорный задается соотношением [100,125] (4.6):

$$Q_{\text{верт}} = k_0 \frac{H - h}{m_0} \quad (4.6)$$

где k_0 – коэффициент вертикальной фильтрации слабопроницаемого слоя; m_0 – мощность слабопроницаемого слоя (в случае, если уровенная поверхность располагается ниже подошвы средненеоплейстоцен (6 ступень) - голоценовых отложений, $m_0=m_0(h)$ равно расстоянию по вертикали от кровли чирвинского горизонта до поверхности грунтовых вод).

Стоит отметить, что, исходя из гидрогеологического строения, на большей части исследуемой территории инфильтрационное питание поступает сразу же в слабопроницаемый слой [70] тимано-уральских отложений. При подсчете прогнозных ресурсов подземных вод следует ориентироваться на весьма длительный, практически неограниченный период эксплуатации, поэтому в работе

использована стационарная версия уравнений (4.5). В этом случае $Q_{верт} = -W$, и задача сводится к одному уравнению относительно напора $H(x,y)$:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(T \frac{\partial H}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(T \frac{\partial H}{\partial y} \right) + R + q_{скв} + q_p = 0 \quad (4.7)$$

где R – интенсивность перетекания через слабопроницаемую толщу тимано-уральских отложений, а соотношение (4.6) может использоваться при необходимости для определения оставшейся искомой функции $h(x,y)$ и/или для уточнения значений параметров. Исходная нестационарная форма уравнений (4.5) позволяет исследовать вопросы устойчивости и стабилизации решений при переменных по времени условиях в различных практических задачах (см., например, [7,79,126]).

Уравнение (4.7) следует дополнить краевыми условиями и соотношениями, связывающими источники члены q_p и $q_{скв}$ с искомой функцией $H(x,y)$. В качестве последних принимаются формулы:

$$q_p = T_p (H_p - H) \quad (4.8)$$

и

$$q_{скв} = T (H_{скв} - H) \quad (4.9)$$

где H_p и $H_{скв}$ – уровни воды в реке и скважине соответственно, а T_p и T – эмпирические коэффициенты, нормируемые на единицу площади.

Отметим, что форма уравнения (4.5) с выражениями (4.8) и (4.9) подразумевает, что при численных решениях задач размер расчетных ячеек должен быть больше ширины реки и характерного размера воронки депрессии около скважины.

Порядок коэффициента T_p определяется интегральной вертикальной проводимостью подрусловых отложений. Последняя оценивается по типу этих отложений со значительным произволом. Поэтому при практических расчетах величину T_p имеет смысл определять в процессе калибровки модели. Коэффициент T зависит от горизонтальной проводимости пласта, от конструктивных особенностей скважины, а также может содержать поправки, связанные с конечными размерами ячейки и положением скважины в ней [119]. Информация о

детальном распределении проводимости горизонта вокруг скважины известна со значительными погрешностями, поэтому выбирать значение T с помощью теоретического решения задачи о скважине нецелесообразно. В работе T выбиралось в диапазоне, соответствующем данным, полученным в результате опытных откачек, а затем уточнялось калибровкой численной модели. Определенные в результате этой процедуры коэффициенты учитывают и неравномерность распределения проводимости, и конструкционные особенности скважин, и поправки, связанные с геометрией ячеек.

Численное решение уравнения (4.7) строилось в программной системе «ModTech» (© ЗАО «Геолинк Консалтинг», 2008) и осуществлено на основе метода конечных разностей (т.е. метода сеток).

4.2.2. Геофильтрационная схематизация и формирование модели

При построении модели изначально были определены ее размеры, а также описаны внешние границы. При этом были учтены несколько действующих факторов, а именно:

- исходный масштаб исследования;
- минимальное влияние водоотбора на внешние границы модели;
- конфигурацию депрессионных воронок;
- естественные подземные водоразделы по основному эксплуатационному горизонту;
- границы речных водосборных бассейнов;
- границы месторождений подземных вод.

На основе критериев (глава 4.1) при выборе шага сетки и для возможности оценки горизонтального потока размер блока должен соответствовать уравнению (4.4). Величина инфильтрационного питания принята по предшествующим региональным оценкам – на уровне 20-40 мм/год [51,66], параметр проводимости чирвинского горизонт задан как среднее значение проводимостей на участках оцененных месторождений подземных вод (табл.2.5), величина градиента напоров

в соответствии с региональными работами по картографированию Печорского АБ [157ф]. В результате:

$$L \leq \frac{70 \times 0.002}{10^{-4}} \leq 1400 \text{ м}$$

Помимо прочего при выборе шага сетки учитывалась густота имеющихся и проектируемых водопотребителей городских и сельских населенных пунктов на оцениваемой территории, при этом также была учтена природная обстановка, определяющая условия и возможность размещения объектов водопотребления (характер рельефа местности, заболоченность, наличие месторождений полезных ископаемых и другие). В целом, природную обстановку можно оценить как одинаковую по площади, а именно – полого-холмистый рельеф на всей территории с локальной заболоченностью (в понижениях рельефа). Густота размещения населенных пунктов неравномерна по площади, и, в основном, определяется наличием крупных транспортных артерий: автомобильных, железнодорожных и речных. В местах отсутствия дорожной сети населенные пункты практически отсутствуют, расстояние между населенными пунктами сильно варьируется: от 2 до 25 км. В пределах территории исследования рассмотрено 111 гидрогеологических скважин (картировочных, поисковых, разведочно-эксплуатационных и др.), среднее расстояние между которыми составляет 2,8 км, причем у трети скважин это расстояние менее 1 км. На основе этого выбрана достаточно крупная для данного масштаба исследования ортогональная сетка размером 500 на 500 м. Такая дискретизация модельной области позволяет детально отразить особенности формирования гидрогеологических условий и водоотбора на исследуемой территории. С учетом использования специальных программных средств, позволяющих интерполировать исходную информацию на модельные блоки, выбор шага сетки является обоснованным.

Внешние границы модели были определены граничным условием III-го рода [118] (на востоке – р. Большая Макариха; на юго-востоке и юге – р. Уса; на юго-западе – р. Печора; на западе – р. Лая) и граничным условием II-го рода (на севере – водораздел). По данным предшествующих исследований конфигурация

гидроизогипс в чирвинском водоносном горизонте вблизи этих рек резко меняется, что позволяет принять их за гидрологически обусловленные внешние границы. В плановом потоке также были определены внутренние границы III-го и II-го родов [118], заданные по водотокам и скважинам.

После определения внешних границ общая площадь модели составила 5815,8 км², при количестве блоков – 23263.

Схематизация модели в разрезе определяется развитием на территории основных водоносных горизонтов (комплексов) и разделяющих слабопроницаемых отложений, наличием необходимого и достаточного фактического материала по основным эксплуатационным горизонтам, учетом опыта регионального моделирования. На основе этого был определен 1 водоносный горизонт – 1 расчетный слой. Чирвинский водоносный горизонт, развитый повсеместно, выдержанный по мощности (35 м), является основным источником для целей водоснабжения в исследуемом регионе. Горизонт определен как напорный. Для решения задачи использована стационарная геофильтрационная модель.

На следующем этапе модельная база была наполнена необходимой достаточной информацией – параметрами. После определения численного метода необходимыми параметрами для решения задачи являются: величина интенсивности перетекания через слабопроницаемую толщу тимано-уральских отложений, проводимость чирвинского водоносного горизонта и интегральная проводимость подрусловых отложений. Основные данные для построения модели были получены при использовании картографического и фактографического фонда информации (см. главу 3).

Параметр интенсивности перетекания через слабопроницаемую толщу тимано-уральских отложений зависит от ландшафтных условий и строения перекрывающего тимано-уральского горизонта. Параметр задавался на основе региональных исследований всего Печорского артезианского бассейна. В результате [74,97,98] на исследуемой территории определено 5 зон:

- лес с зоной аэрации, представленной супесями, где мощность тимано-уральских отложений меньше, чем на водоразделах, и больше, чем в речных долинах;

- лес с зоной аэрации, представленной выдержанными по мощности суглинками тимано-уральского возраста;

- речные долины с зоной аэрации, представленной супесями и песками, где мощность тимано-уральских отложений минимальна;

- зона распространения ММП с поверхности;

- селитебные территории.

Каждой зоне присвоены значения интенсивности перетекания через слабопроницаемую толщу тимано-уральских отложений, исходя из условия, что величина параметра составляет от 1% до 30% от среднегодовой суммы осадков, поступающих на поверхность на незастроенных территориях, минус среднегодовое испарение с поверхности (при этом градация параметра интенсивности перетекания напрямую зависит от растительности на ландшафте, состава зоны аэрации и мощности слабопроницаемой толщи тимано-уральских отложений), и до 50% – на застроенных, за счет дополнительного питания – утечек. В зоне распространения поверхностной мерзлоты значение присвоено – 0. Соответственно, рассмотрен диапазон от $9,2 \times 10^{-6}$ до $2,8 \times 10^{-4}$ м/сут на незастроенных территориях и до $4,6 \times 10^{-4}$ м/сут для селитебных зон. Стоит отметить, что при определении значения параметра был принят ряд допущений: типизация условий формирования питания чирвинского горизонта рассмотрена по двум признакам – ландшафтному и мощности слабопроницаемой толщи тимано-уральских отложений; метеоусловия приняты одинаково для всей территории; не учтена глубина залегания уровня подземных вод; состав зоны аэрации упрощен и пр.

Параметр проводимости чирвинского горизонта задан, исходя из результатов ранее проведенных опытно-фильтрационных работ (в основном, одиночных откачек) при разведке и оценке на участках месторождений. По ретроспективным

данным проводимость чирвинского водоносного горизонта варьируется от 6,1 до 442,0 м²/сут. При этом, учитывая особенности геокриологических и гидрогеологических условий, выделено три зоны: повышенной проводимости (приурочена к понижениям палеорельефа, в пределах которых развита современная речная сеть), зона вне распространения ММП и зона с ММП, где горизонт частично проморожен.

Величина интегральной проводимости подрусловых отложений определяется, в основном, коэффициентом фильтрации подрусловых отложений и их мощностью. По данным [20] отложения русла р. Колва (ее аналоги – р. Лая, р. Большая Макариха) представлены песками, супесями, суглинками и галечниками; отложения русел крупных рек Печора и Уса, относящиеся к горбуновскому горизонту, представлены среднезернистыми песками и галечниками. Характерной чертой малых водотоков является их заиливание, приводящее к заболачиванию. Таким образом, можно судить об увеличении коэффициента фильтрации ложа рек и, соответственно, интегральной проводимости от малых водотоков к крупным.

4.2.3. Решение обратной задачи

Для калибровки гидрогеодинамической модели подземных вод Усинского района решена обратная задача с использованием значений уровней чирвинского водоносного горизонта за 2016 год. Решение обратной задачи сводилось к последовательному решению серии прямых задач с перебором расчетных параметров модели: проводимости чирвинского водоносного горизонта, интенсивности перетекания через слабопроницаемую толщу тимано-уральских отложений, интегральной проводимости подрусловых отложений.

Оценка достоверности модели осуществлена по достижению приемлемой величины сходимости между модельными и фактическими данными по уровням подземных вод. Величина допустимой невязки между уровнями определена, исходя из следующих факторов:

- замеры уровня выполнены в эксплуатационных скважинах, уровень в которых не восстановился после отключения насоса;

- замеры глубины залегания уровней проведены не одновременно и не учитывают поправку на межень и паводок;
- фактический уровень относится к центру блока, а скважина в действительности может быть расположена на его границе;
- погрешность (5–10 м) определения высотной отметки устья скважины [106].

Исходя из этого, доверительный интервал принят равным 10% от перепада напоров по всей моделируемой области [23]. Максимальный перепад составляет 70 м (от $H=100$ м абсолютная отметка уровня на водоразделе между р. Колва и р. Большая Макариха и $H=30$ м в районе с. Усть-Уса), таким образом, доверительный интервал составил 7 м. Под верификацией модели понимается такой выбор ее параметров, при котором разница между измеренными и расчетными значениями напоров по всем скважинам попадает в доверительный интервал.

По достижении критерия согласования получена верифицированная модель, адекватная природно-техногенной обстановке территории исследования. Невязка модельных и фактических уровней чирвинского водоносного горизонта находится в диапазоне от (-6,2) м до 6,3 м (рис. 4.1, табл. 4.1).

Величина интенсивности перетекания через слабопроницаемую толщу тимано-уральских отложений составила для зоны лесного ландшафта, сложенного, преимущественно, суглинками – $2,5 \times 10^{-5}$ м/сут; для лесного ландшафта, сложенного, преимущественно, супесями – 5×10^{-5} м/сут; для речных долин – 1×10^{-4} м/сут; для зоны распространения поверхностной мерзлоты – 0 м/сут; для селитебных территорий и земель, отведенных под сельскохозяйственные угодья, – 4×10^{-4} м/сут (рис. 4.2). Полученные значения интенсивности перетекания через слабопроницаемую толщу тимано-уральских отложений для Усинского района не противоречат предшествующим региональным оценкам – на уровне 20–40 мм/год [51,66].

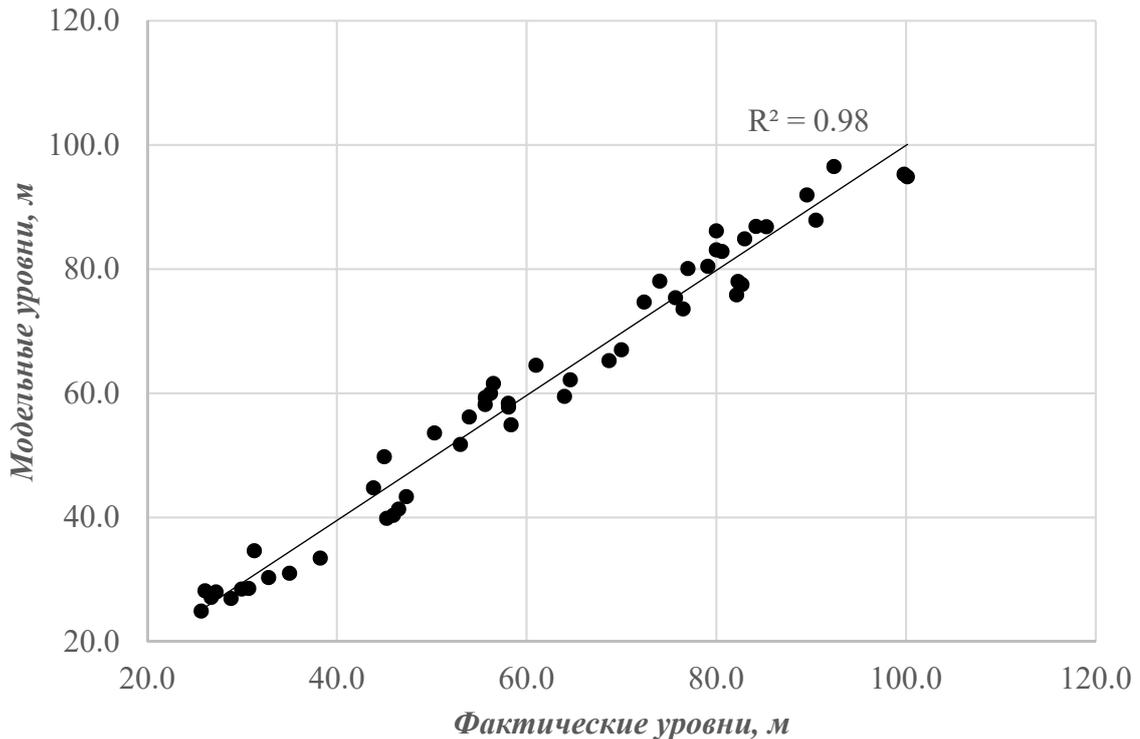


Рис. 4.1. Соотношение между модельными и фактическими уровнями подземных вод чирвинского водоносного горизонта (обратная задача на 2016 год)

Интегральная величина проводимости подрусовых отложений составила для: малых рек – 250 м²/сут; верхнего течения средних рек – 500 м²/сут; среднего и нижнего течения средних рек – 1000 м²/сут; крупных рек (р. Уса и р. Печора) – 2000 м²/сут (рис. 4.3).

Величина проводимости чирвинского водоносного горизонта составила: в пределах вневмерзлотной части исследуемой территории – 60 м²/сут; в 2 раза меньше в пределах, где чирвинский водоносный горизонт частично заморожен – 30 м²/сут; в пределах речных долин – 100 м²/сут (рис. 4.4).

Все модельные величины укладываются в заложенные диапазоны на этапе формирования модели. По результатам решения обратной задачи было получено модельное распределение напоров в чирвинском водоносном горизонте (рис. 4.5). Итоговый баланс гидрогеодинамической модели формируется за счет изменения количества воды на границе модельного слоя. Основное формирование баланса происходит за счет рек – 58% (приток из рек – 8%, отток в реки – 50%) и за счет интенсивности перетекания – 42% (табл. 4.2).

Табл. 4.1. Соотношение между модельными и фактическими уровнями подземных вод (обратная задача на 2016 год)

Блоки		Уровни, м		Невязка, м	Блоки		Уровни, м		Невязка, м
X	Y	Фактические	Модельные		X	Y	Фактические	Модельные	
111	19	35,00	31,00	4,00	136	94	99,80	95,28	4,52
130	23	30,70	28,56	2,14	92	111	31,30	34,63	-3,33
63	26	25,70	24,92	0,78	162	112	72,40	74,67	-2,27
65	26	26,74	27,13	-0,39	167	113	68,70	65,24	3,46
64	27	26,10	28,17	-2,07	154	114	90,50	87,87	2,63
141	27	32,80	30,30	2,50	168	115	64,60	62,15	2,45
63	28	27,26	27,99	-0,73	35	118	45,00	49,76	-4,76
120	30	50,29	53,61	-3,32	130	119	63,55	61,43	2,12
162	30	38,25	33,45	4,80	135	119	68,24	66,74	1,50
104	31	47,33	43,33	4,00	130	120	64,00	59,48	4,52
117	31	51,80	55,35	-3,55	173	120	56,40	50,15	6,25
117	32	56,75	56,93	-0,18	130	122	64,00	58,26	5,74
118	34	55,65	59,31	-3,66	164	126	80,48	74,78	5,70
139	34	47,46	47,70	-0,24	163	127	82,70	77,51	5,19
120	35	54,05	56,74	-2,69	163	128	82,30	78,00	4,30
131	35	45,25	39,84	5,41	34	129	53,95	56,16	-2,21
115	36	58,37	54,91	3,46	35	129	55,64	58,18	-2,54
120	36	57,00	56,27	0,73	36	129	56,20	59,98	-3,78
61	37	28,84	26,93	1,91	37	129	56,50	61,58	-5,08
118	37	58,07	58,38	-0,31	162	129	79,10	80,43	-1,33
130	37	43,98	39,83	4,15	135	130	70,20	64,04	6,16
133	37	47,73	44,59	3,14	137	132	68,75	64,13	4,62
62	38	29,95	28,46	1,49	154	132	92,41	96,50	-4,09
117	38	58,10	57,76	0,34	138	133	67,60	63,18	4,42
129	40	46,79	40,45	6,34	139	134	70,00	66,54	3,46
126	41	46,30	44,94	1,36	140	134	75,00	69,19	5,81
130	42	46,50	42,93	3,57	141	135	75,00	72,31	2,69
145	47	66,77	62,66	4,11	154	136	89,56	91,92	-2,36
146	47	61,28	62,65	-1,37	77	143	60,90	56,49	4,41
129	57	62,70	59,84	2,86	147	144	84,20	86,86	-2,66
140	57	70,00	67,00	3,00	157	147	85,28	86,80	-1,52
109	62	61,00	64,50	-3,50	129	148	44,00	49,13	-5,13
101	65	43,87	44,77	-0,90	157	150	80,00	86,16	-6,16
127	65	82,15	75,85	6,30	145	152	76,50	73,57	2,93
100	66	45,94	40,33	5,61	155	154	80,00	83,10	-3,10
126	66	74,04	78,04	-4,00	148	155	75,70	75,38	0,32
91	82	46,50	41,35	5,15	159	155	83,00	84,87	-1,87
87	88	53,02	51,75	1,27	155	159	77,00	80,07	-3,07
134	94	100,14	94,86	5,28	158	160	80,60	82,84	-2,24

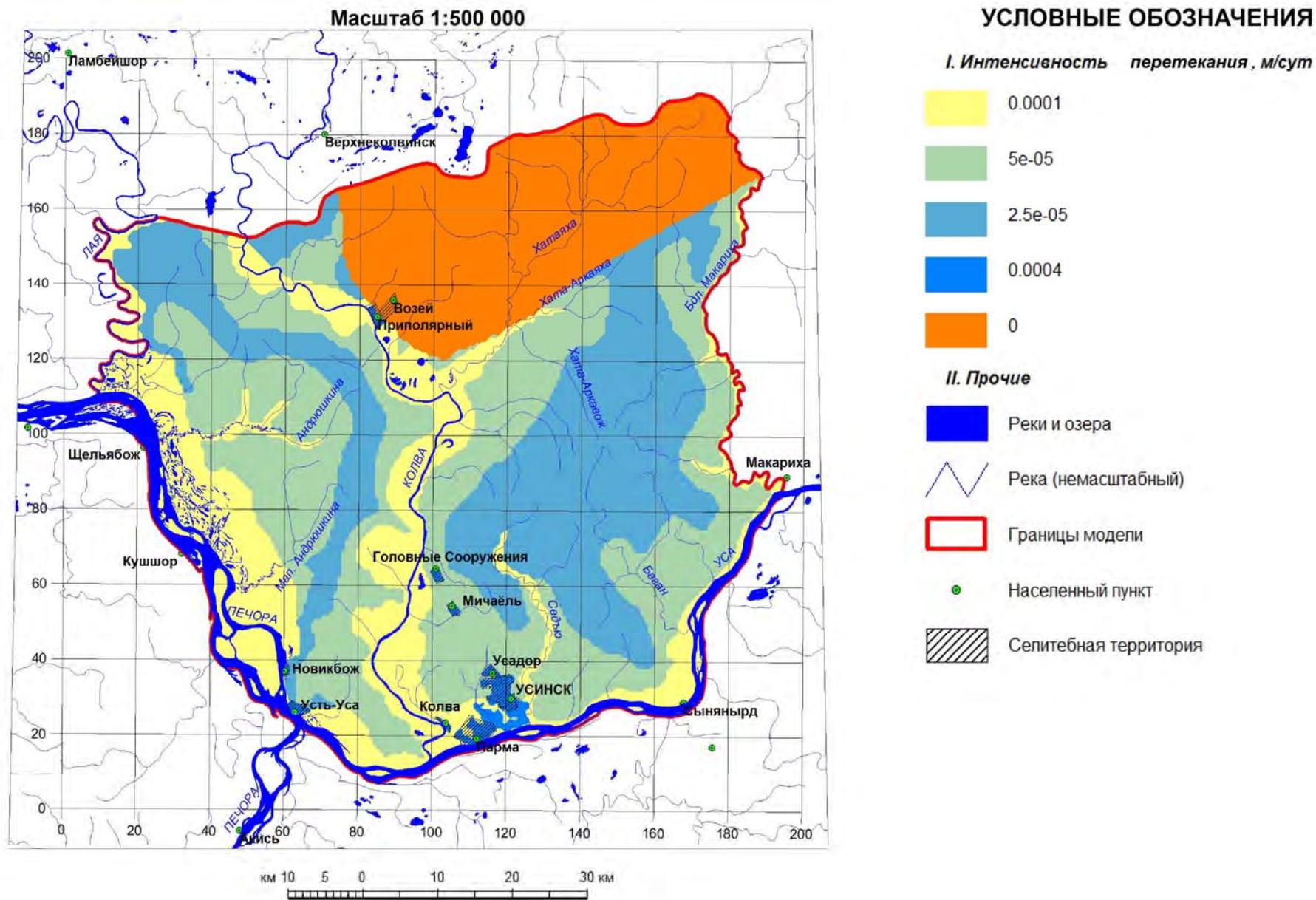


Рис. 4.2. Модельная карта интенсивности перетекания через слабопроницаемую толщу тимано-уральских отложений

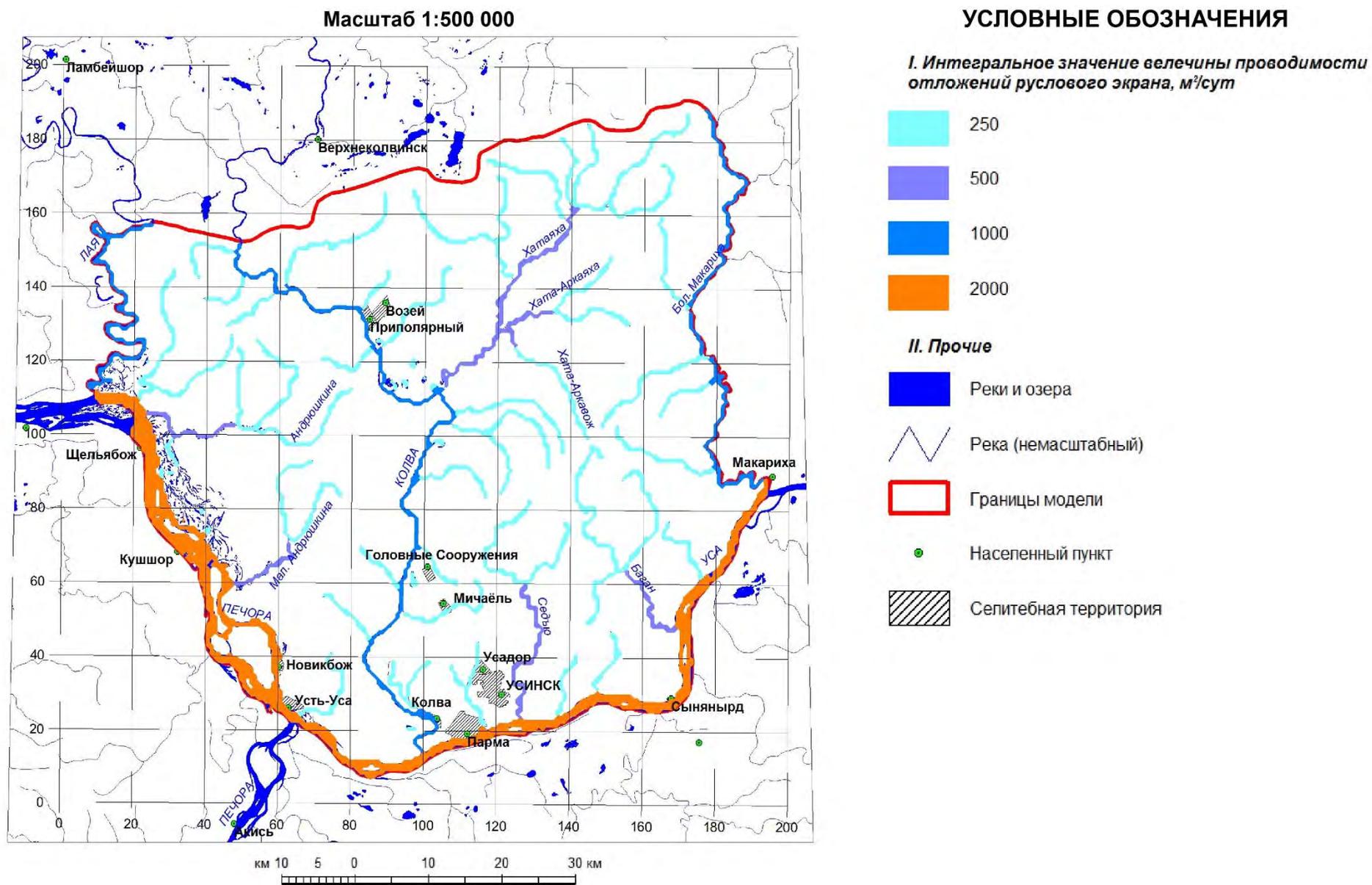


Рис. 4.3. Модельная карта проводимости подрусловых отложений

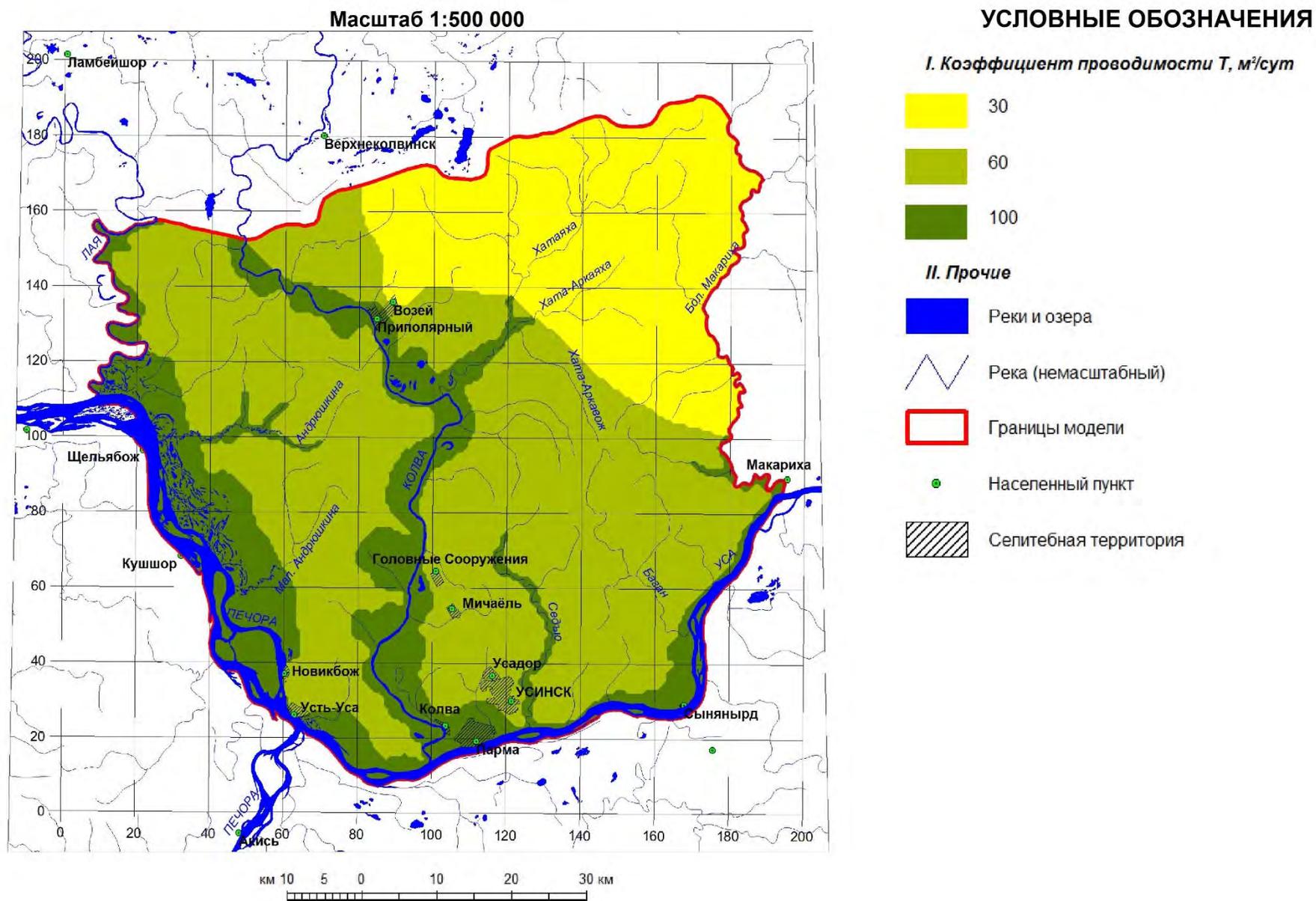


Рис. 4.4. Модельная карта проводимости чирвинского водоносного горизонта

4.2.4. Решение прогнозных задач и анализ полученных результатов

На основе верифицированной модели осуществлено 2 сценария воздействия на гидрогеологическую обстановку:

Сценарий 1. Организация водоотбора по утвержденным запасам распределенного фонда недр (20 мелких месторождений) в размере 5771,6 м³/сут.

Сценарий 2. Максимальный возможный водоотбор на всех месторождениях распределенного фонда недр и оценка перспективных ресурсов подземных вод по категории Р₁.

При решении прогнозных задач величина допустимого понижения уровня подземных вод определена разницей между абсолютными отметками модельного уровня (обратная задача) и кровлей чирвинского водоносного горизонта.

Сценарий 1. Организация водоотбора на месторождениях распределенного фонда недр (20 мелких месторождений) в объеме утвержденных запасов 5771,6 м³/сут.

На разведанных участках 20 мелких месторождений распределенного фонда недр организован водоотбор равный утвержденным запасам в полном объеме (5771,6 м³/сут). При данном сценарии максимальное понижение в эксплуатационных скважинах составило 26,7 м (Баганское МППВ). Запас предельно допустимого понижения (до кровли водоносного горизонта) составил от 39,0 (Баганское МППВ) до 58,7 м. При данном сценарии возможно существенное наращивание водоотбора.

Основное формирование баланса происходит за счет: рек – 58% (приток из рек – 9%, отток в реки – 49%); интенсивности перетекания – 41%; водоотбора скважинами – 1% (табл. 4.2). При таком сценарии произошло распределение основных статей баланса по отношению к модельному балансу, полученному при обратной задаче, за счет сокращения оттока в реки на 1,8% и увеличения питания из рек на 1,3%.

По результатам моделирования были построены модельные карты: абсолютных уровней подземных вод чирвинского водоносного горизонта (рис. 4.6)

и изменений уровней подземных вод чирвинского водоносного горизонта по отношению к модельным уровням обратной задачи (рис. 4.7).

Табл. 4.2. Формирование модельного баланса

Статья баланса	Ненарушенное состояние, м ³ /сут	При водоотборе					
		Сценарий 1			Сценарий 2		
		Q, м ³ /сут	δ, м ³ /сут	δ, %	Q, м ³ /сут	δ, м ³ /сут	δ, %
<i>Поступление</i>							
Интенсивность перетекания	289162	289162	0	-	289162	0	-
Приток из рек	58800	59876	1076	18,6	91511	32711	41,6
<i>Расходование</i>							
Отток в реки	-347962	-343266	4696	81,4	-302028	45934	58,4
Скважины	0	-5771,6	-5771,6	-	-78645	-78645	-
Итого	0	0	0	100	0	0	100

Сценарий 2. Максимальный возможный водоотбор на месторождениях распределенного фонда недр.

Запасы на месторождениях, зачастую, оцениваются, не исходя из гидрогеологических условий, а из заявленной потребности Недропользователя. Учитывая данный факт, на таких месторождениях возможно существенное наращивание водоотбора за счет прогнозных ресурсов категории Р₁. Чтобы учесть взаимодействие всех водозаборных скважин, целесообразно использование постояннодействующих моделей или верифицированной модели на определенный год. Таким образом, максимально возможный водоотбор на участках недр будет определяться суммой запасов и прогнозных ресурсов категории Р₁ при сохранении заданных ограничений.

Стоит отметить, что запасы на Верхнеседьюском МППВ и Мастерельском МППВ, оцененные в 1989 г. и 1990 г., уже несколько раз пересматривались в сторону их сокращения и до настоящего времени так и не были востребованы (относятся к нераспределенному фонду недр). Запасы по сроку давности их постановки на учет должны быть сняты с баланса, так как за более чем 30 лет переоценка запасов на месторождениях не была проведена. Учитывая это, целесообразно запасы на данных участках отнести к «неликвидным» и не учитывать при моделировании. На остальных участках месторождений (20 мелких

месторождений) организовать максимально возможный водоотбор до достижения допустимого понижения.

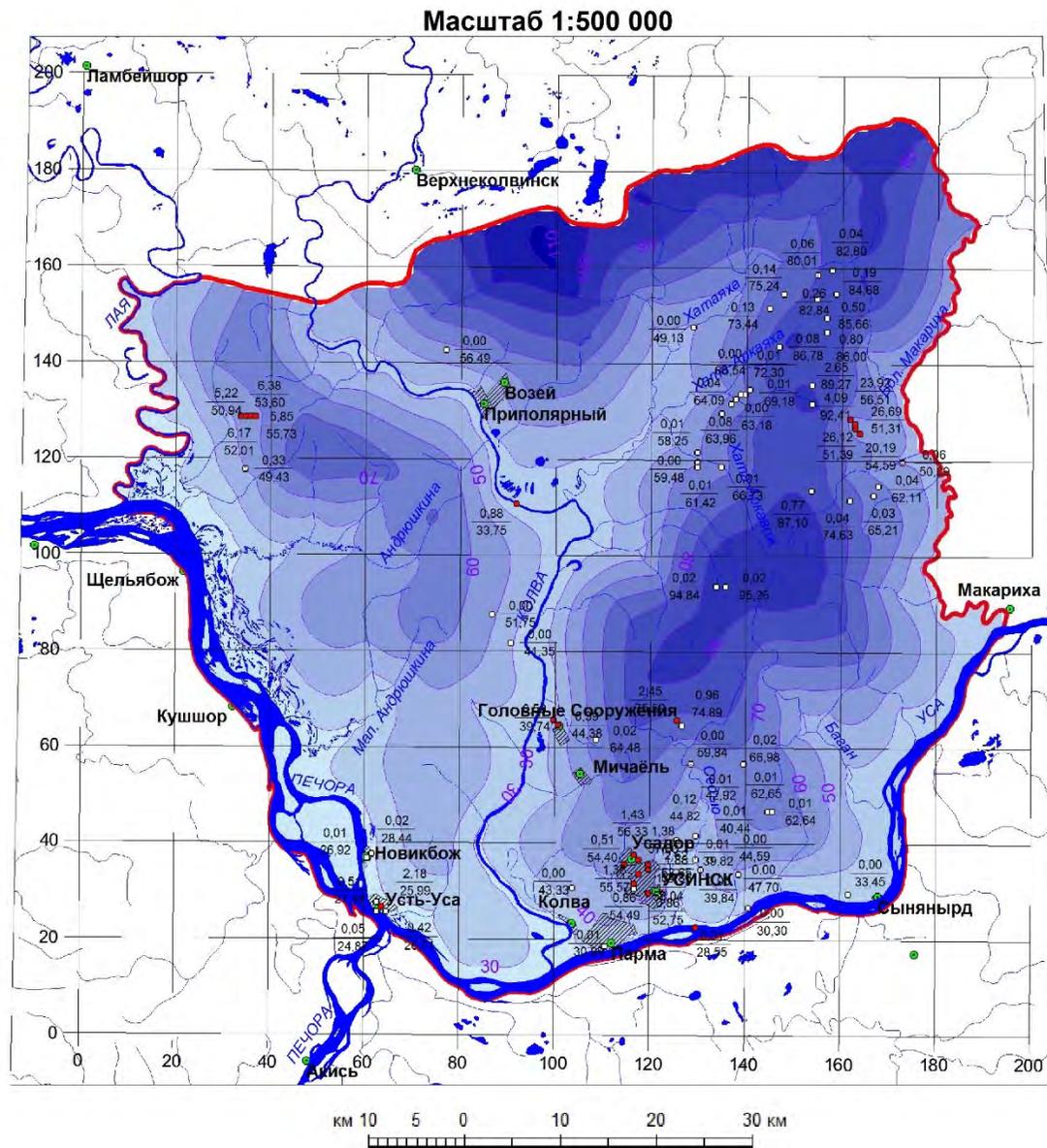
Данный сценарий на модели может реализовываться двумя способами:

- перебор расходов в каждой эксплуатируемой скважине до получения предельно допустимого понижения ($Q=\text{const}$);
- задание абсолютной отметки кровли водоносного горизонта в блоках с эксплуатируемыми скважинами и получение распределения расходов в этих узлах ($H=\text{const}$);
- комбинированный.

Для решения сценария 2 использован комбинированный способ. Сначала были получены расходы путем задания постоянного уровня. Далее полученные расходы наращивались до получения предельно допустимого понижения в пределах 0–1 м. При данном сценарии максимальное понижение в эксплуатационных скважинах составило 66,9 м, минимальное – 49,1 м. Суммарный расход на месторождениях распределенного фонда недр – 78645 м³/сут. Таким образом, прогнозные ресурсы подземных вод категории Р₁ на этих участках составляют 72873,4 м³/сут. При данном сценарии запасы подземных вод на этих участках можно увеличить в 13,6 раз.

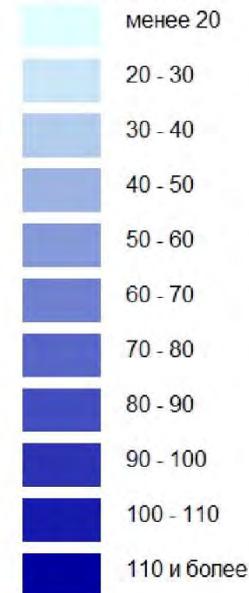
Основное формирование баланса происходит за счет: рек – 52% (приток из рек – 12%, отток в реки – 40%); интенсивности перетекания – 38%; водоотбора скважинами – 10% (табл. 4.2). При таком сценарии произошло распределение основных статей баланса по отношению к модельному балансу, полученному при обратной задаче, за счет сокращения оттока в реки на 55,6% и увеличения питания из рек на 13,2%.

По результатам моделирования были построены модельные карты: абсолютных уровней подземных вод чирвинского водоносного горизонта (рис. 4.8) и изменений уровней подземных вод чирвинского водоносного горизонта по отношению к модельным уровням обратной задачи (рис. 4.9).



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

I. Абсолютные отметки уровней подземных вод, м



II. Прочие

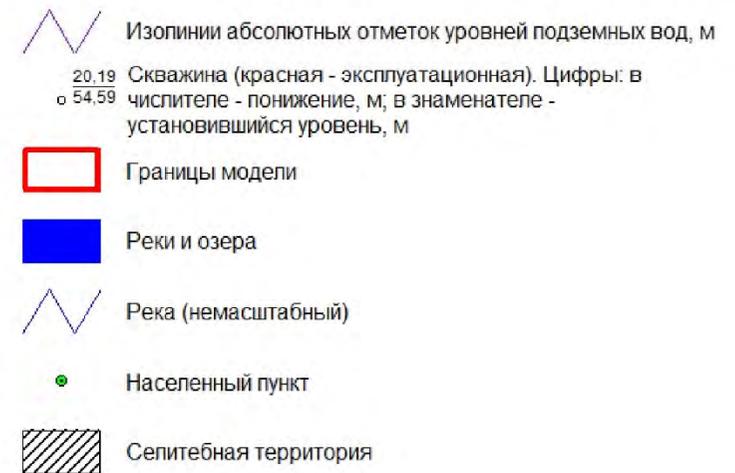


Рис. 4.6. Модельная карта уровней чирвинского водоносного горизонта (сценарий 1)

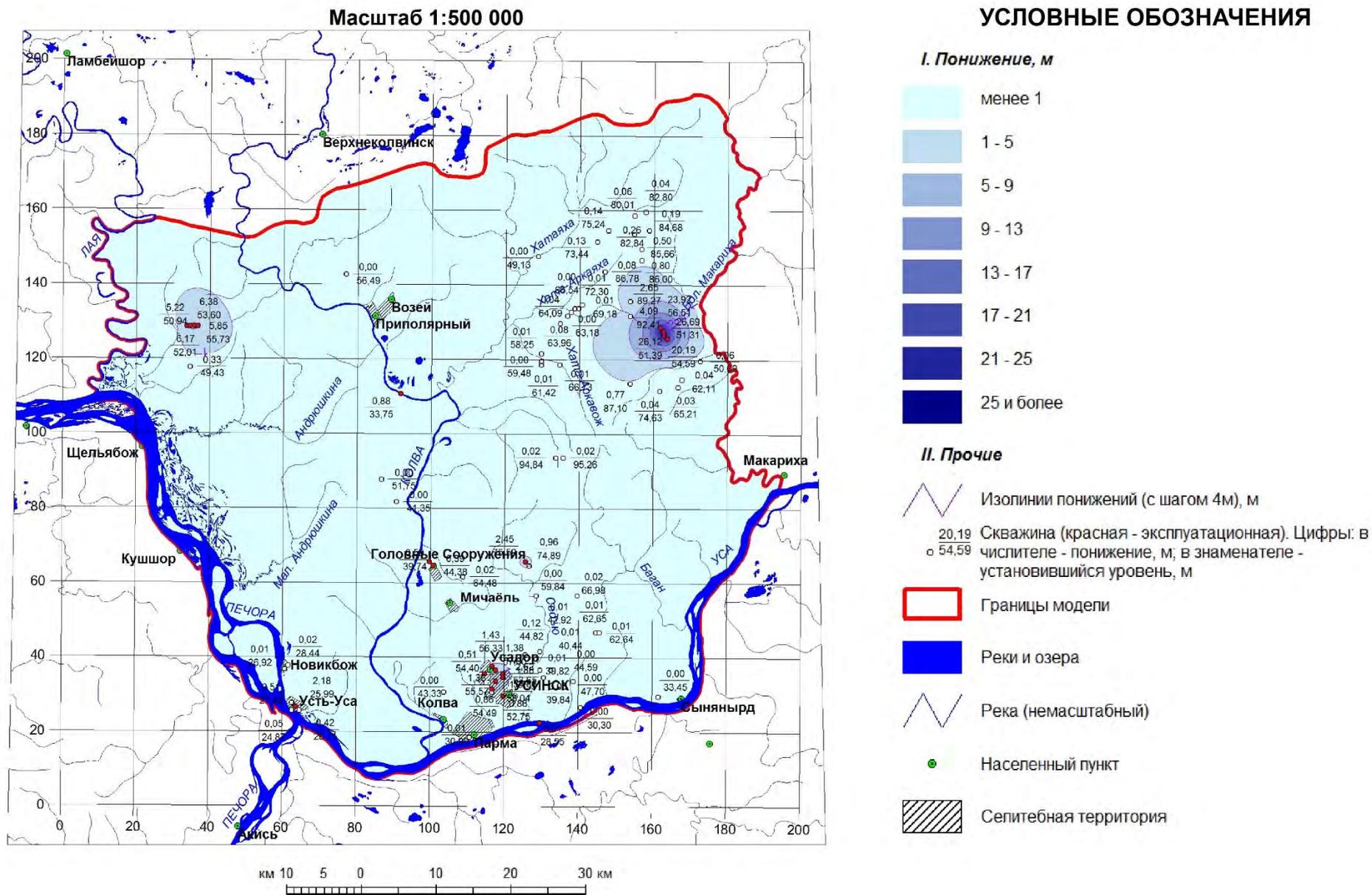


Рис. 4.7. Модельная карта изменений уровней чирвинского водоносного горизонта (сценарий 1)

4.2.5. Оценка ущерба речному стоку

Оценка ущерба речному стоку выполнена при максимально возможном водоотборе на 20 мелких месторождений распределенного фонда недр (сценарий 2 – 78645 м³/сут).

Под влиянием прогнозного водоотбора сокращается разгрузка подземных вод в речную сеть, а также увеличивается приток из рек. В табл. 4.3 приведена информация, которая представляет собой сопоставление балансов подземных вод на современный период и на прогноз по основной статье питания, которой является «инверсия» разгрузки подземных вод в реки и потеря воды из их русел. Отметим, что весь объем подземной составляющей среднесноголетнего речного стока формируется непосредственно на его территории. Расчеты ущерба речному стоку приводятся без учета бытовых и промышленных сбросов воды (оборотные воды). Для того, чтобы оценить реальный ущерб стоку рек были выбраны два частных водосборных бассейна: р. Колва и р. Седью, по которым имеются фактические данные о меженном стоке 95% обеспеченности. Эти бассейны являются достаточно представительными, поскольку имеют большую площадь водосбора (более 300 км²), а также в них наблюдается максимальное изменение стока при модельном водоотборе. Ущерб в других реках в разы меньше, чем в р. Седью, которая является аналогом для средних рек: р. Баган, р. Малая Андрюшкина и др. Ущерб стока на р. Колва составил менее 1%, на р. Седью – 46%.

Табл. 4.3. Ущерб речному стоку при максимальном водоотборе

<i>Речной бассейн</i>	<i>Площадь бассейна, км²</i>	<i>Изменение стока (сценарий 2)</i>	<i>Расход 95%</i>	<i>Ущерб речному стоку, %</i>
		<i>тыс. м³/сут</i>		
Колва	2414,0	37,3	4838,4	0,8
Седью	322,7	24,8	53,6	46,3

При такой оценке сокращение речного стока отождествляется с модельным изменением подземного стока в речном бассейне. В действительности изменения также связаны с «дополнительными» источниками формирования подземных вод за счет изменения условий питания и эвапотранспирационной разгрузки

подземных вод, которые не учитываются в связи с объективной сложностью количественной оценки этих статей баланса. Суммарная доля этих «дополнительных» источников формирования может быть весьма значимой, поэтому оценки ущерба речному стоку оказываются завышенными.

4.3. Оценка потенциальных ресурсов подземных вод Усинского района

На основе данных, откалиброванных с помощью гидрогеодинамической модели Усинского района [42], созданной с целью перспективной оценки ресурсов подземных вод, выполнена серия прогнозных задач для потенциальной оценки ресурсов подземных вод, т.е. без учета латерального потока подземных вод. Решение прогнозных задач выполнено с различной сеточной разбивкой от 500 м до 30 км с шагом 500 и 1000 м. Данные для каждой тестовой задачи задавались путем интерполяции верифицированных параметров (интенсивность перетекания, проводимость и допустимое понижение уровня) гидрогеодинамической модели Усинского района, где сеточная разбивка составляла 500 на 500 м.

Оценка ресурсов выполнена в каждом блоке равномерной модельной сетки – методом «больших колодцев» (4.10), таким образом область формирования дебита каждого водозаборного сооружения в блоке будет ограничена как бы непроницаемой стенкой [8]. При этом необходимо учитывать, что прогнозные ресурсы при неограниченном периоде эксплуатации не должны превышать естественные ресурсы (4.11).

$$Q_p \geq \frac{2\pi kmS}{\ln \frac{R_б}{r_k}} \quad (4.10)$$

$$Q_p \leq Q_{ep}, \quad (4.11)$$

где S – допустимое понижение уровня; $R_б$ – радиус блока; r_k – приведенный радиус водозаборного сооружения (большого колодца); Q_p – прогнозные ресурсы подземных вод.

Величина естественных ресурсов из уравнения (4.11) напрямую влияет на оценку ресурсов подземных вод. С этой целью рассмотрено 5 вариантов оцененных естественных ресурсов [41]. В первом варианте величина естественных ресурсов

определена интенсивностью перетекания ($Q_{\text{пр}_2022}$), полученным по результатам решения обратной задачи гидрогеодинамической модели Усинского района. Для четырех других она отождествлена со среднегодовым многолетним меженным подземным стоком в реки, рассчитанным в разное время с разной обеспеченностью: 50% ($Q_{\text{пр}50_1972}$) и 90% ($Q_{\text{пр}90_1972}$) обеспеченности, рассчитанные в 1972 г. за весь период наблюдения; 95% обеспеченности, рассчитанные в 1997 г. ($Q_{\text{пр}95_1997}$) и 2011 г. ($Q_{\text{пр}95_2011}$) за весь период наблюдения за расходом рек. Стоит отметить, что приравнивание естественных ресурсов к величине подземного стока дает заниженные результаты, так как сток подземных вод в реки представляет собой только один из элементов естественных ресурсов, и в нем не отражена разгрузка подземных вод путем испарения с уровня грунтовых вод, родниковый сток и т.д. В результате выполнено 185 тестовых задач (рис. 4.10).

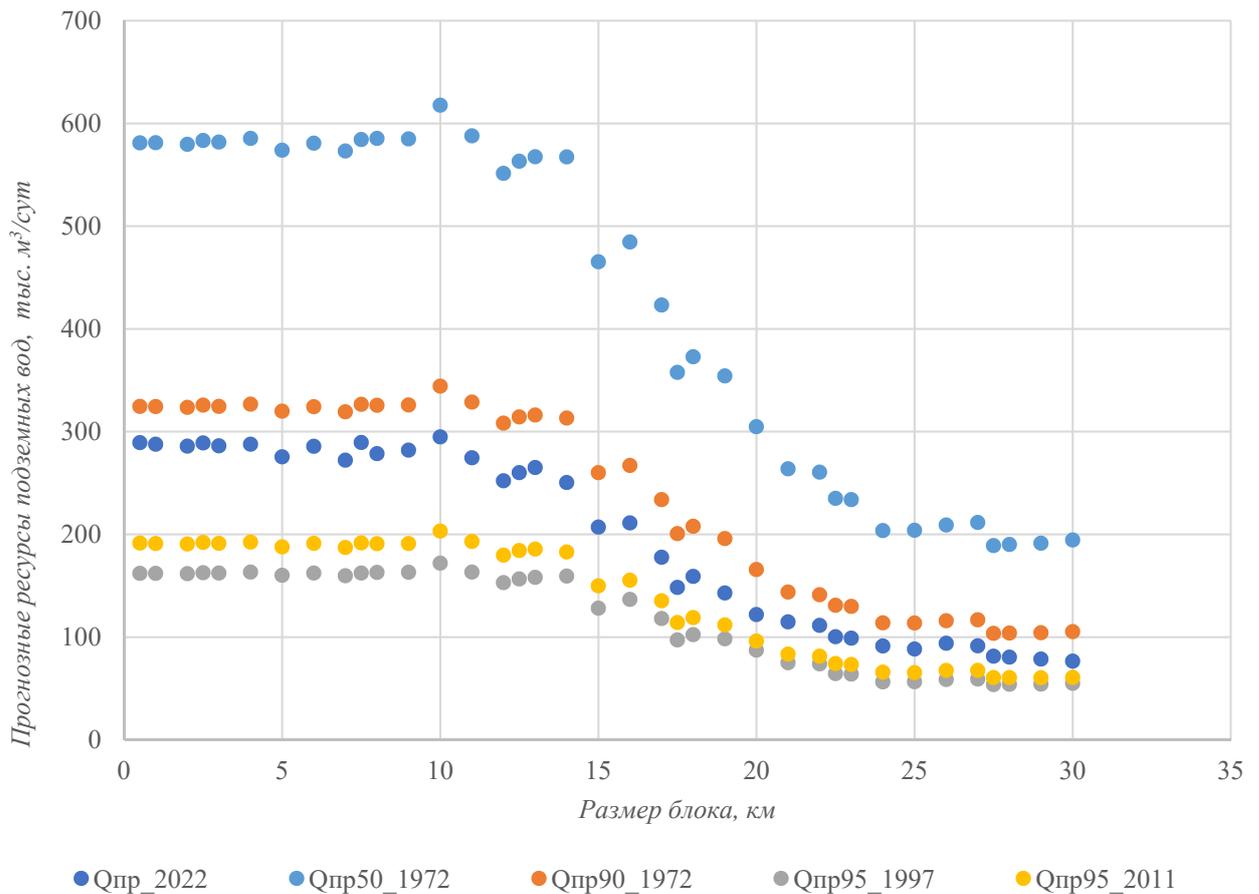


Рис. 4.10. Оценка ресурсов подземных вод при различных размерах модельных блоков

По результатам выполненных оценок можно сформулировать следующие выводы:

1. Величина оцененных ресурсов подземных вод зависит от величины естественных ресурсов подземных вод. Оценка последних представляет собой весьма сложную задачу и требует проведения специальных гидрогеологических и гидрологических работ, в т.ч. режимных наблюдений. Выбор наиболее жесткого критерия обеспеченности естественных ресурсов позволяет уменьшить региональный ущерб речному стоку и обеспечить расчетную величину ресурсов подземных вод в течение всего года. Для территории Усинского района оцененные ресурсы подземных вод отличаются примерно в три раза при использовании величины естественных ресурсов 50 и 95% обеспеченности.

2. Величина оцененных ресурсов подземных вод зависит от выбранного размера блока, за исключением блоков малого размера, для которых оцененные ресурсы являются предельными и равны естественным ресурсам, и не зависят от параметров гидрогеологических подразделений (проводимости и допустимого понижения напора). Для Усинского района при размере блока более 12 км суммарная величина ресурсов уменьшается с увеличением размеров блока. При размерах блоков 12 и 30 км величина ресурсов подземных вод отличается более чем в три раза.

В табл. 4.4. приведены результаты оценки потенциальных ресурсов подземных вод.

Для корректной оценки нужно размер блока определять по формуле (4.3). Оценка размера блока выполнена на основе параметров, полученных на верифицированной гидрогеодинамической модели Усинского района. Величины питания и проводимости заданы как средние значения этих параметров по всей модельной области. Параметр градиента напоров оценен на типовом участке водораздела рек Колва и Большая Макариха, а также г. Усинска, расстояние между которыми около 33 км. На модельной карте, полученной по результатам решения обратной задачи, уровни чирвинского водоносного горизонта составили ~ 95 м (водораздел) и ~ 55 м (г. Усинск). Таким образом, $I = 0,0012$, а размер блока:

$$L \gg \frac{62,5 * 0,0012}{5 * 10^{-5}} = 1500 \text{ м}$$

Табл. 4.4. Результаты оценки потенциальных ресурсов подземных вод

Оценки из разных источников	Ресурсы подземных вод, тыс. м ³ /сут при ширине блока, км					
	7	12	15	20	25	30
<i>Фондовые данные</i>						
ЗАО «ГИДЭК», 2011 г. [59]	552,81	–	–	–	–	–
Институт ВСЕГИНГЕО, 2016 г.	–	–	~ 400	–	–	–
<i>Расчетные данные</i>						
$Q_{пр_2022}$	272,07	252,12	207,00	121,77	88,34	76,54
$Q_{пр50_1972}$	573,06	551,25	465,27	304,71	203,90	194,35
$Q_{пр90_1972}$	319,21	308,19	259,93	165,71	113,58	105,20
$Q_{пр95_1997}$	159,61	152,85	128,10	87,15	56,41	54,89
$Q_{пр95_2011}$	187,07	179,64	149,89	96,12	65,35	60,61

Следовательно, для оценки потенциальных ресурсов подземных вод Усинского района при размере блока менее 10 км необходим учет латеральных потоков. Из расчетов следует, что оценку потенциальных ресурсов подземных вод на исследуемой территории необходимо выполнять при ширине блока не менее 15 км и величине естественных ресурсов 90–95% обеспеченности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Составление гидрогеологических карт при мелкомасштабном картографировании неразрывно связано с хранением и представлением большого массива данных. Представленный структурированный фонд геолого-гидрогеологической информации определяет состав и объем необходимой информации, формы ее введения и программные решения, обеспечивающие их связь с картографическими материалами. Сравнение с аналогичными разработками показало, что структура фактографического фонда и его таблиц является достаточно универсальной и способна описывать гидрогеологические объекты при различном масштабе гидрогеологического изучения, в том числе при создании региональных гидрогеодинамических моделей.

Согласованность фактографического и картографического фонда позволяет автоматизировано обрабатывать огромный массив исходной информации и строить карты различного содержания с учетом, однако, того обстоятельства, что составление карт есть творческий процесс, который не может быть полностью формализован и передан компьютеру [80].

2. Выполненный анализ гидрогеологического расчленения плиоцен-четвертичных образований Печорского АБ показал его сложность по двум причинам: исключительное разнообразие литолого-фациального состава этих отложений и их генезиса; наличие ММП со сложными условиями их распространения в плане и разрезе.

Разработанная единая унифицированная схема объектов гидрогеологической стратификации Печорского АБ позволяет на их основе составлять карты гидрогеологического содержания, сохраняя целостность гидрогеологического разреза. Использование единой индексации гидрогеологических таксонов северного плейстоцена дает возможность координировать решения региональных гидрогеологических задач, ведения ГМСН и поисково-оценочных работ.

3. На основе анализа картографического и фактографического фонда геолого-гидрогеологической информации были изучены геологические,

геокриологические и гидрогеологические условия территории исследования. Полученная детальная модель адекватна природно-техногенной обстановке и может применяться для решения прогнозных задач. В работе были выполнены следующие задачи:

- схематизация гидрогеологических условий, которая заключается в определении: граничных условий, временной и пространственной структуры, параметров моделируемого объекта;
- формирование гидрогеодинамической модели необходимым и достаточным набором информации (параметрами) с использованием структурированного фонда геолого-гидрогеологической информации;
- калибровка исходной модели посредством решения серии обратных задач;
- оценка источников формирования ресурсов;
- оценка прогнозных ресурсов подземных вод Усинского района.

4. На математической геофильтрационной модели оценены прогнозные ресурсы категории P_1 в объеме 72873,4 м³/сут для перспективной потребности развивающегося городского округа Усинск и основные источники формирования баланса подземных вод. Решение прогнозной задачи показало, что на уже разведанных участках месторождений распределенного фонда недр возможно наращивание запасов более чем в 13 раз по сравнению с утвержденными. Таким образом, суммарный водоотбор в 78645 м³/сут (при утвержденных запасах на месторождениях распределенного фонда недр – 5771,6 м³/сут) может рассматриваться для перспективного развития региона, т.к. модельные понижения уровней не превысили допустимые, т.е. данная потребность в воде этими водозаборами надежно обеспечивается.

По результатам моделирования освоение ресурсов только на участках эксплуатируемых месторождений подземных вод приведет к сокращению подземного стока в реки на 55,6% и увеличению питания из рек на 13,2%. Наибольшее изменение стока при таком водоотборе коснется бассейнов рек Колва и Седью, ущерб речному стоку на них составит менее 1 и 46% соответственно.

Фактически реальный ущерб речному стоку, возможно, будет меньше модельного, т.к. не учитывалось изменение условий питания и эвапотранспирационной разгрузки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ*Опубликованная*

1. Андреичев Л.Н. Литология Верхне-среднеплейстоценовых тиллов на Крайнем Северо-Востоке Европейской части России // Литология и полезные ископаемые. – 2012. – № 3. – С. 285.
2. Астахов В.И., Назаров Д.В., Семенова Л.Р. и др. К проблеме картографирования Северного плейстоцена // Региональная геология и металлогения. – 2015. – № 62. – С. 20-33.
3. Астахов В.И., Шкатова В.К., Застрожнов А.С., Чуйко М.А. Плейстоценовые ледниковые покровы России по данным геологического картирования // Пути эволюционной географии: материалы Всероссийской научной конференции посвященной памяти профессора А.А. Величко, Москва, 23–25 ноября 2016 года. – Москва: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт географии Российской академии наук, 2016. – С. 22-27.
4. Аржанов М.М., Демченко П.Ф., Елисеев А.В., Мохов И.И. Математическое моделирование влияния изменений климата на вечную мерзлоту / Мат-лы Междунар. конф. «Криогенные ресурсы полярных и горных регионов. Состояние и перспективы инж. Мерзлотоведения». - Тюмень, 2008. С. 205-209.
5. Атлас Республики Коми по климату и гидрологии / ред. Братцев А. А. и Братцев А. П. - Москва: Дрофа, 1997. - стр. 115.
6. Атлас Республики Коми. М.: «Феория», 2011, 448 с.
7. Беляев А.Ю., Кричевец Г.Н., Ахметьева Н.П. Методы теории фильтрации в задачах, возникающих при обводнении болотных массивов // Вод. ресурсы. 2018. Т. 45. № 4. С. 385–395.
8. Биндеман Н.Н. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод. М.: Госгеотехиздат, 1963. 204 с.
9. Биндеман Н.Н., Язвин Л. С. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод. – М.: Недра, 1970. – 214 с.

10. Боревский Б.В., Марков М.Л. Является ли меженный расход рек мерой питания подземных вод или общего подземного стока? // Разведка и охрана недр. – 2014. – № 5. – С. 10-16.
11. Боревский Б.В., Дробноход Н.И., Язвин Л.С. Оценка запасов подземных вод. Киев, Вища школа, 1989, 407 с.
12. Боревский Б.В., Спектор С.В., Язвин А.Л. и др. Назрела ли необходимость новой классификации запасов подземных вод? // Недропользование XXI век. – 2018. – № 1(70). – С. 4-9.
13. Боревский Б.В., Язвин А.Л. Актуальные проблемы геологического изучения недр при оценке запасов питьевых подземных вод в начале XXI века. Пути решения // Недропользование XXI век. – 2019. – № 6(82). – С. 12-18.
14. Боревский Б.В., Язвин А.Л. История создания классификации эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов подземных вод с середины XX до начала XXI в. Пройденный путь // Недропользование XXI век. – 2020. – № 2(85). – С. 36-47.
15. Боревский Б.В., Язвин Л.С. Оценка обеспеченности населения Российской Федерации ресурсами подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения (Методические рекомендации по проведению второго этапа работы). М.: ГИДЭК, 1995. 72 с.
16. Боревский Б.В., Язвин А.Л., Черепанский М.М. Экспертные оценки ресурсного потенциала подземных вод при разработке схем комплексного использования и охраны водных ресурсов // Разведка и охрана недр. – 2014. – № 5. – С. 29-32.
17. Бурый О.В., Калинина А.А., Луканичева В.П. Роль топливного сектора субарктических районов в экономике Республики Коми // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2013. № 5 (29). С. 65–76.
18. Боуэн Д. Четвертичная геология. – М.: Мир, 1981. – 272 с.
19. Бочеввер Ф.М. Теория и практические методы гидрогеологических расчетов эксплуатационных запасов подземных вод. – М.: Недр, 1968. – 328 с.

20. Водолазская В. П., Опаренкова Л. И., Зархидзе Д. В., Иванов Н. Ф. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Уральская. Лист Q-40 – Печора. Объяснительная записка. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2013. 365 с. + 10 вкл.
21. Всеволожский В.А. Основы гидрогеологии: Учебник. – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Изд-во МГУ, 2007. – 448 с.
22. Всеволожский В.А., Штенгелов Р.С. О классификации запасов и ресурсов подземных вод // Вестник Московского университета. Серия 4. Геология. – 2003. – № 1. – С.44–50.
23. Гавич И.К. Теория и практика применения моделирования в гидрогеологии. М.: Недра, 1980. 358 с.
24. Геокриологическая карта СССР, масштаб 1:2 500 000 / ред. Ершов Э.Д. - Винница: Винницкая картографическая фабрика, 1997 г.. - стр. 16.
25. Геокриология СССР. Европейская территория СССР / ред. Ершов Э. Д. - Москва: Недра, 1988. - стр. 357.
26. Геология СССР / ред. Зоричев А.И. - Москва: Государственное научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр, 1963. - Т. II. Геологическое описание. Архангельская, Вологодская области и Коми АССР: стр. 1080.
27. Гидрогеология СССР. Сводный том в пяти выпусках. Вып. 1. Основные закономерности распространения подземных вод на территории СССР. – М.: «Недра», 1978, 656с. (ВСЕГИНГЕО).
28. Гидрогеология СССР. Том XLII. Коми АССР и Ненецкий национальный округ Архангельской области РСФСР. Сидоренко А.В., Габович И.А. УТГУ «Недра». 1970г. (ВСЕГИНГЕО).
29. Гирицкий Н.К. Некоторые вопросы динамики подземных вод // ВСЕГИНГЕО. Гидрогеология и инженерная геология. 1947. № 9. С. 27–32.
30. Гольдберг В.М. Взаимосвязь загрязнения подземных вод и природной среды. Гидрометеиздат, 1978г.

31. Гольдберг В.М. Оценка условий защищенности подземных вод и построение карт защищенности // Гидрогеологические основы охраны подземных вод. М., 1984. С. 171-177.
32. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Уральская. Лист Р-40 — Североуральск. Объяснительная записка. — СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2005. 332 с. + 9 вкл. (МПР РФ, ФГУП «ВСЕГЕИ», ЗАО «МИРЕКО», ОАО «УГСЭ»)
33. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Уральская. Лист Q-41 — Воркута. Объяснительная записка. — СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2007. 541 с. + 4 вкл. (МПР РФ, ФГУП «ВСЕГЕИ», ЗАО «МИРЕКО», ФГУП «ЗапСибГеоНАЦ»)
34. Гриневский С.О., Поздняков С.П. Принципы региональной оценки инфильтрационного питания подземных вод на основе геогидрологических моделей // Водные ресурсы. – 2010. – Т. 37. – № 5. – С. 543-557.
35. Гусев Е.А., Костин Д.А., Маркина Н.В. и др. Проблемы картирования и генетической интерпретации четвертичных отложений арктического шельфа России (по материалам ГГК-1000/3) // Региональная геология и металлогения. – 2012. – № 50. – С. 5-14.
36. Джамалов Р.Г., Зекцер И.С., Кричевец Г.Н. и др. Изменение подземного стока под влиянием климата и антропогенных воздействий // Водные ресурсы. – 2008. – Т. 35. – № 1. – С. 17-24.
37. Джамалов Р.Г., Фролова Н.Л., Рец Е.П., Бугров А.А. Особенности формирования современных ресурсов подземных вод Европейской части России // Водные ресурсы. – 2015. – Т. 42. – № 5. – С. 457. – DOI 10.7868/S0321059615050065.
38. Дубинский А.П. Гидрогеологическая стратификация. Вопросы без ответов // Разведка и охрана недр. 2019. № 11. С. 16–21.

- 39.Егоров Т.С., Ершов В.В. Особенности гидрогеологического расчленения плиоцен-четвертичных отложений печорского артезианского бассейна // Разведка и охрана недр. 2015. № 8. С. 32–36.
- 40.Егоров Т.С. Опыт создания и применения структурированного фонда гидрогеологической информации при мелкомасштабном картографировании // Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология. – 2022. – № 1. – С. 58-68. – DOI 10.31857/S0869780922010040.
- 41.Егоров Т.С. Отбор подземных вод на территории восточной части Печорского артезианского бассейна и его влияние на экологическую обстановку // Инженерная геология. – 2022. – Т. 17, № 4. – С. 40-49.
- 42.Егоров Т.С. Оценка прогнозных ресурсов подземных вод Усинского района (восточной части Печорского артезианского бассейна) с использованием гидрогеодинамического моделирования // Водные ресурсы. – 2021. – Т. 48. – № 3. – С. 243-253.
- 43.Единые требования к составу, структуре и форматам представления в НРС Роснедра комплектов цифровых материалов листов Государственных геологических карт масштабов 1:1 000 000 и 1:200000. Версия 1.6. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2019. 280 с.
- 44.Ершов В.В. Особенности районирования криолитозоны Печорского артезианского бассейна // Отечественная геология. – 2018. – № 3. – С. 85-88.
- 45.Ерцев Г.Н., Баренбойм Г.М., Таскаев А.И. Опыт ликвидации аварийных разливов нефти в Усинском районе Республики Коми. - Сыктывкар, 2000.
- 46.Журавлёв В.А., Кораго Е.А., Костин Д.А., Зуйкова О.Н. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Северо-Карско-Баренцевоморская. Лист R-39,40 – о. Колгуев – прол. Карские Ворота. Объяснительная записка. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2014. 405 с. + 2 вкл.
- 47.Закон РФ от 21.02.1992 N 2395-1 (ред. от 03.08.2018) «О недрах».
- 48.Зекцер И.С., Джамалов Р.Г. Подземные воды в водном балансе крупных регионов. М., Наука, 1989, 124 с.

49. Зекцер И.С. Закономерности формирования подземного стока и научно-методические основы его изучения. М.: Наука, 1977. 173 с.
50. Зекцер И.С. Направления региональных исследований пресных подземных вод // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2009. – №3. – С. 62-71.
51. Зекцер И.С. Подземный сток и ресурсы пресных подземных вод. М.: Науч. мир, 2012. 374 с.
52. Зенгина Т. Ю., Осадчая Г.Г. Современные угрозы сохранению основных элементов природно-экологического каркаса Усинского района Республики Коми // Известия Коми научного центра УрО РАН. – 2014. – № 4(20). – С. 33-42.
53. Информационная система АГИКС РК // Геопортал Республики Коми. - ГБУ РК «ТФИ РК», 2012. - 2 Май 2020 г. - <http://gis.rkomi.ru/Catalog>.
54. Информационная система ФГИС «Учет и баланс подземных вод» - ФГБУ «Росгеолфонд». - 15 Апреля 2022. - <https://water.geosys.ru/>.
55. Информационный бюллетень о состоянии недр на территории Российской Федерации в 2018 г. Вып. 42. Тверь: Талан Групп, 2019. 294 с.
56. Капралов Е.Г., Кошкарев А.В., Тикунов В.С. и др. Геоинформатика: в 2 кн. / Под ред. В.С. Тикунова. М.: Издательский центр «Академия», 2008. 384 с.
57. Карта гидрогеологического районирования территории Российской Федерации масштаба 1:2 500 000 (для ведения мониторинга подземных водных объектов) и унифицированные схемы объектов гидрогеологической стратификации территории Российской Федерации (артезианских бассейнов) / Составители С.Л. Пугач, С.В. Кокорева, И.А. Коваленко. М.: ФГУГП «Гидроспецгеология», 2011. URL: <https://rfgf.ru/catalog/docview.php?did=c883ec9081347a29677c4f50f2644d5f>
58. Карта мерзлотных условий нечерноземной зоны РСФСР, масштаб 1:1500000 / авт. Кудрявцев В. А. и др. - Москва: МГУ, 1984.

59. Карта ресурсного потенциала пресных подземных вод России. Масштаб: 1:5 000 000 / ред. Боровский Б.В., Зекцер И.С., Язвин А.Л. - Москва: ГИДЭК, 2013.
60. Карта четвертичных образований масштаба 1:2 500 000 территории Российской Федерации. Пояснительная записка. 2010. (Минприроды России, Роснедра, ФГУП «ВСЕГЕИ», ФГУП «ВНИИОкеангеология»).
61. Качество поверхностных вод Российской Федерации. Ежегодники за 2011–2018 гг. Ростов-на-Дону: Росгидромет, ГХИ.
62. Классификация запасов и прогнозных ресурсов питьевых, технических и минеральных подземных вод. М.: МПР России, 2007.
63. Когаловский М. Р. Энциклопедия технологий баз данных. — М.: Финансы и статистика, 2002. — 800 с. — ISBN 5-279-02276-4.
64. Коковкин А.В., Братцев А.А. Водные ресурсы Республики Коми: их использование в прошлом, настоящем и будущем // Известия Коми научного центра УрО РАН. – 2016. – № 3(27). – С. 35-41.
65. Кокшарова Ю.А. Оценка современного состояния ресурсной базы пресных подземных вод южных районов Республики Коми // Разведка и охрана недр. – 2020. – № 10. – С. 28-33.
66. Коноплянцев А.А. Подземный сток территории Центральной и Восточной Европы. М.: ВСЕГИНГЕО, 1982. 288 с.
67. Куделин Б.Н. Принципы региональной оценки естественных ресурсов подземных вод - М.: МГУ. - 1960. - 344 с.
68. Куликов Г.В. Принципы гидрогеологической стратификации. Труды, вып. 148. М.: ВСЕГИНГЕО, 1982, с.5
69. Лавров А.С., Потапенко Л.М. Неоплейстоцен Печорской низменности и Западного Притиманья (стратиграфия, палеогеография, хронология). Москва, 2012, 191 с.
70. Ланге О.К. Региональные закономерности формирования грунтовых вод // Тр. Лабор. гидрогеол. проблем АН СССР. - 1958. -Т. 16. - С. 187-193.

71. Ловчева Е.С., Плотникова Р.И., Клюквин А.Н. Концепция новой Классификации эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов подземных вод // Недропользование XXI век. – 2006. – № 1. – С. 48-55.
72. Лукьянчиков В.М., Лукьянчикова Л.Г., Плотникова Р.И. и др. Ресурсная база подземных вод РФ: состояние изученности, проблемы воспроизводства и использования // Разведка и охрана недр. – 2016. – № 9. – С. 129-136.
73. Лукьянчиков В.М., Плотникова Р.И., Челидзе Ю.Б., Егоров Т.С. и др. Результаты и проблемы государственного гидрогеологического картографирования // Разведка и охрана недр. 2019. № 3. С. 48–55.
74. Методические рекомендации по использованию материалов космофотосъемки при региональных гидрогеологических и инженерно-геологических исследованиях / ред. Садов А.В. - Москва: ВСЕГИНГЕО, 1982. - стр. 83.
75. Методические рекомендации по применению Классификации запасов и прогнозных ресурсов питьевых, технических и минеральных подземных вод (утв. распоряжением МПР России от 27.12.2007 г. № 69-р)
76. Методические указания по составлению гидрогеологических карт масштабов 1:1 000 000-1:500 000 и 1:200 000-1:100 000 / авт. Альтовский М.Е. - Москва: ГосГеолТехИздат, 1960. - стр. 52.
77. Методическое руководство по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:1 000 000 (третьего поколения). Версия 1.4. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2019. 169 с.
78. Методическое руководство по составлению и подготовке к изданию листов государственных гидрогеологических карт Российской Федерации масштабов 1:1 000 000 и 1:200 000. М.: Минприроды, Роснедра, ФГУП «ВСЕГИНГЕО», 2015. 112 с.
79. Мироненко В.А., Сердюков Л.И. Обработка результатов опытных откачек, проведенных в условиях двухслойной толщи // Разведка и охрана недр. 1968. № 10. С. 34–38.

80. Миронов О.К. Геоинформационные технологии для составления крупномасштабных геологических карт территории Москвы // Геоэкология. 2011. № 3. С. 198–214.
81. Миронов О.К. Концепция базы знаний в фондах геологической информации // Вестник Российской академии наук. 2017. Т. 87. № 1. С. 78–84.
82. Миронов О.К., Викторов А.А., Фесель К.И. О проблемах ведения баз данных фондовой информации // Геоэкология. 2011. № 5. С. 455–464.
83. Митракова О.В., Аракчеев Д.Б., Тимонина Е.В. Технология разработки и внедрения информационноаналитической системы мониторинга состояния подземных вод // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12. № 1–4. С. 1144–1148.
84. Мятлев А.Н. Напорный комплекс подземных вод и колодцы // Изв. АН СССР. Отд. тех. наук. 1947. № 9. С. 106–1088.
85. Научно-популярная энциклопедия «Вода России» (<http://water-ru.ru>)
86. Оберман Н.Г., Бусыгина Е.Н. Изменения ресурсов и запасов грунтовых вод криолитозоны Печоро-Уральского региона при потеплении климата // Водные ресурсы. – 2009. – Т. 36. – № 6. – С. 757-761.
87. Оберман Н.Г., Лыгин А.М. Прогнозирование деградации многолетнемерзлых пород на примере Европейского Северо-Востока страны // Разведка и охрана недр. – 2009. – № 7. – С. 15-20.
88. Оберман Н.Г., Митюшева Т.П., Лапицкая В.Ф. Актуальные проблемы гидрогеологии Республики Коми // Вестник Института геологии Коми научного центра Уральского отделения РАН. – 2004. – № 6(114). – С. 9-12.
89. Оберман Н.Г. Глобальное потепление и изменения криолитозоны Печоро-Уральского региона // Разведка и охрана недр. – 2007. – № 4. – С. 63-68.
90. Оберман Н.Г. Некоторые особенности современной деградации криолитозоны Печоро-Уральского региона // Матер. междунар. конф. «Криогенные ресурсы полярных регионов». Пушино: Пушинский науч. центр РАН, 2007. Т. 1. С. 95-99.

91. Общая стратиграфическая (геохронологическая) шкала (Стратиграфический кодекс, 2006; Постановления МСК...2012, 2013, 2016). – СПб., 2016 (ФГБУ «ВСЕГЕИ»).
92. Основные положения по составлению серийных легенд государственных гидрогеологических карт масштаба 1:200 000 и 1:1 000 000 / Составители Р.К. Шахнова, М.С. Голицын, В.В. Куренной, Е.В. Полозова, А.А. Шпак (ВСЕГИНГЕО), Л.В. Леоненко (МПР России). М.: МПР РФ, 2001.
93. Оценка численности постоянного населения РФ. 2021 / Росстат
94. Павлов А.В., Малкова Г.В. Современные изменения климата на Севере России: альбом мелкомасштабных карт / Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т криосферы Земли. – Новосибирск: ГЕО, 2005. – 52 с.
95. Пармузин Н.М., Якобсон К.Э., Вовшина А.Ю., Воинова О.А. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Мезенская – Лист Р-39 – Сыктывкар. Объяснительная записка. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2016. 384 с. + 9 вкл
96. Пармузин Н.М., Мазуркевич К.Н., Семенова Л.Р., Коссовая О.Л. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Мезенская. Лист Q-39 – Нарьян-Мар. Объяснительная записка. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2015. 393 с. + 32 вкл.
97. Пашковский И.С. Разработка геофильтрационных моделей системы зона аэрации-грунтовые воды и их применение при изучении взаимосвязи подземных и поверхностных вод // Диссертация докт. геол.-минер. наук. - М.: МГУ. - 1985. - 406 с.
98. Пижанкова Е.И., Зайцев В.А., Осадчая Г.Г. Пространственный анализ ландшафтных и мерзлотно-гидрогеологических особенностей Печорского артезианского бассейна с использованием дистанционных данных // Наука, образование и духовность в контексте концепции устойчивого развития : Материалы всероссийской научно-практической конференции. В 4-х частях,

- Ухта, 24–25 ноября 2016 года / Под общей редакцией М.К. Петрова. – Ухта: Ухтинский государственный технический университет, 2017. – С. 171-173.
- 99.Плотникова Р.И., Лукьянчиков В.М. К оценке прогнозных ресурсов подземных вод // Разведка и охрана недр. 2013. № 3. С. 7–10.
- 100.Полубаринова-Кочина П.Я. Теория движения грунтовых вод. Изд. 2-е, Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», М., 1977, 664 с.
- 101.Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. Выпуски 40-46, - СПб., Изд-во ВСЕГЕИ.
- 102.Пугач С.Л., Боревский Б.В., Язвин А.Л. Подземные воды: состояние обеспеченности питьевыми и техническими водами // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2008. – № 4. – С. 88-93.
- 103.Рекомендации по оценке прогнозных ресурсов категорий Р₂ и Р₃ питьевых, технических и минеральных подземных вод, выявленных в ходе регионального гидрогеологического изучения территории Российской Федерации и требования к порядку их учета и апробации. – М., 2014, 33с. (Минприроды, Роснедра, ФГУП «ВСЕГИНГЕО»).
- 104.Ресурсы поверхностных вод СССР / ред. Жил И.М., Алюшинская Н.М. - Ленинград: Гидрометеиздат, 1972. - Т. 3. Северный край: стр. 663.
- 105.Решение 2-го межведомственного стратиграфического совещания по четвертичной системе Восточно-Европейской платформы с региональными стратиграфическими схемами / науч. ред.: И.И. Краснов, Е.П. Заррина // Л.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 1986, 157 с.
- 106.Рошаль А.А., Потапова Е.Ю. Гидродинамическое и миграционное моделирование при оценке запасов подземных вод (на примере Московского региона) // Недропользование XXI век. 2012. № 2 (33). С. 70–75.
- 107.СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

108. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем водоснабжения. Контроль качества».
109. СанПиН 2.6.1.2523-09. «Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009».
110. Сахаров И.В., Язвин А.Л. Характеристика программно-алгоритмического комплекса GeoCODE // Разведка и охрана недр. 2010. № 10. С. 42–47.
111. Седов Н.В., Плотникова Р.И. О классификации подземных вод в Общероссийском классификаторе полезных ископаемых // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2008. – № 5. – С. 72-82.
112. Стратиграфический кодекс России. Издание третье, исправленное и дополненное. СПб.: изд. ВСЕГЕИ, 2019, - 96 с. (МСК России, ВСЕГЕИ).
113. Тимонина Н.Н., Кузнецов Д.С. Экологические риски, возникающие в ходе освоения ресурсов углеводородов на территории Республики Коми // Геодинамика, вещество, рудогенез Восточно-Европейской платформы и ее складчатого обрамления : Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, Сыктывкар, 26–28 сентября 2017 года / Институт геологии Коми НЦ УрО РАН. – Сыктывкар: Институт геологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, 2017. – С. 214-215.
114. Чистяков А.А., Макарова Н.В., Макаров В.И. Четвертичная геология. М.: ГЕОС, 2000. – 303 с.
115. Челидзе Ю.Б. Общее гидрогеологическое Российской Федерации масштаба 1:2 500 000 (методика и технология, результаты и проблемы) // Разведка и охрана недр. – 2015. – № 8. – С. 68–73.
116. Червяков Р.В., Перлов Д.К., Коннов А.Г. Использование технологии геологической документации Sherpa на мобильных устройствах при проведении полевых работ // Структура, вещество, история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: матер. 28-й науч. конф., Сыктывкар: Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, 2019. С. 188–191.
117. Шишкин М. А., Шкарубо С. И., Молчанова Е. В., Маркина Н. В. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб

- 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Южно-Карская. Лист R-41 – Амдерма. Объяснительная записка. – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2012. 383 с. + 10 вкл.
- 118.Шестаков В.М. Гидрогеодинамика. М.: Изд-во МГУ, 1995. 368 с.
- 119.Штенгелов Р.С. О действующих гидрогеологических скважинах на сеточных моделях // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. – 2019. – № 6. – С. 68-72.
- 120.Язвин А.Л. Проблемы взаимодействия отраслей права при изучении и использовании питьевых и технических подземных вод // Недропользование XXI век. – 2019. – № 1(77). – С. 14-27.
- 121.Язвин А.Л. Ресурсный потенциал пресных подземных вод России (решение современных проблем геологического изучения): диссертация на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук: 25.00.07. – ГИДЭК, Москва, 2015. 323 с.
- 122.Язвин А.Л. Критический Обзор нормативных документов, регламентирующих изучение и использование питьевых и технических подземных вод // Разведка и охрана недр. - 2014. - № 5, с.3-10
- 123.Язвин Л.С. Оценка прогнозных ресурсов питьевых подземных вод и обеспеченность населения России подземными водами для хозяйственно-питьевого водоснабжения // Разведка и охрана недр. 2003. № 10. С. 13–20.
- 124.Astakhov V.I., Shkatova V., Zastrozhnov A., Chuyko M. Glaciomorphological Map of the Russian Federation // The Northern Pleistocene of Russia. – Newcastle: Cambridge Scholars Publishing, 2020. – P. 483-505.
- 125.Bear, J. Hydraulics of groundwater, McGraw-Hill series in water resources and environmental engineering. McGraw-Hill, New York, 1979
- 126.Belyaev A.Yu., Krichevets G.N. Qualitative effects of hydraulic conductivity distribution on groundwater flow in heterogeneous soils // Fluids. 2018. V. 3. Iss. 4. P. 102. <https://doi.org/10.3390/fluids3040102>
- 127.Chiang, W.-H. and Kinzelbach, W. Processing MODFLOW—A Simulation System for Modelling Groundwater Flow and Pollution. Hamburg, 1998, 342 p.

128. Encyclopedia of Quaternary Science. 4 volumes /ed. S.A. Elias. – Elsevier, 2006. – 3576 p.
129. Forman S.L., Ingólfsson Ó., Gataullin V. et al. Late Quaternary stratigraphy, glacial limits, and paleoenvironments of the Marresale area, Western Yamal Peninsula, Russia // *Quaternary Res.* 2002. Vol. 57. – P. 355–370.
130. Manley W.F., Lokrantz H., Gataullin V. et al. Late Quaternary stratigraphy, radiocarbon chronology, and glacial history at Cape Shpindler, southern Kara Sea, Arctic Russia // *Global and Planet. Change.* 2001. Vol. 31(1–4). – P. 239–254.
131. McDonald, M. and Harbaugh, A.W. A Modular Three-Dimensional Finite Difference Ground-Water Flow Model. In: *Techniques of Water-Resources Investigations, Book 6*, U.S. Geological Survey, 1988, 588 p.
132. Struckmeier W.F., Margat J. Hydrogeological maps: a guide and a standard legend // *International Association of Hydrogeologists.* - Hannover: Heise, 1995 (International contributions to hydrogeology; Vol. 17)
133. Svendsen J.I., Alexanderson H., Astakhov V.I. et al. Late Quaternary ice sheet history of Northern Eurasia // *Quaternary Sci. Rev.* 2004. Vol. 23(11–13). – P. 1229–1271.
134. Zastrozhnov A., Danukalova G., Shick S., Van Kolfshoten T. State of stratigraphic knowledge of Quaternary deposits in European Russia: Unresolved issues and challenges for further research // *Quaternary International.* – 2018. – Vol. 478. – P. 4-26. – DOI 10.1016/j.quaint.2017.03.037.

Фондовая

135. Косиненко Л.И., Власенко Е.Л., Рычкова В.А. и др. Поиски подземных вод на Головных сооружениях для питьевого, хозяйственно-бытового и производственного водоснабжения объектов ООО РН-Северная нефть по состоянию на 20.05.2012 г. Отчет по договору № УКС-12-2012. Лицензия СЫК 02334 ВЭ. ТКЗ № 168. ООО «Геонорд». Усинск, 2012. Росгеолфонд, N 506470.
136. Косиненко Л.И., Власенко Е.Л., Шашина Г.В. и др. Гидрогеологические условия и оценка эксплуатационных запасов пресных подземных вод для технического водоснабжения на участке расположения скважины 1 (Чаус) по

- состоянию на 01.04.2012 г. Лицензия СЫК 02195 ВЭ. ТКЗ № 165. ООО «Геонорд». Усинск, 2012. Росгеолфонд, N 505411.
137. Косиненко Л.И., Власенко Е.Л., Шашина Г.В. и др. Изучение и оценка запасов подземных вод с целью организации хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения пос. Усадор МО ГО «Усинск» по состоянию на 15.07.2015 г. Договор № 0107300022014000309-0420820-01. Лицензия СЫК 05009 ВП. ТКЗ № 3-2015. ООО «Геонорд». Усинск, 2015. Росгеолфонд, N 520402.
138. Косиненко Л.И., Власенко Е.Л., Шашина Г.В. и др. Изучение и оценка запасов подземных вод с целью организации хозяйственно-питьевого водоснабжения с. Усть-Уса (состояние работ на 01.04.2013 г.) ТКЗ № 194. ООО «Геонорд». Усинск, 2013. Росгеолфонд, N 509974.
139. Лапицкая В.Ф. Карта подземного стока территории деятельности УТГУ м-ба 1:1 500 000. 1980. Росгеолфонд, N 385458.
140. Мартьянова Н.Н., Власенко Е.Л., Рычкова В.А. и др. Поиски подземных вод для питьевого, хозяйственно-бытового и технического водоснабжения объектов ПС Усинская на Головных сооружениях по состоянию на 01.11.2014 г. Лицензия СЫК 02517 ВП. Договор № 77380. ТКЗ № 01-15/РК. ООО «Геонорд». Усинск, 2014. Росгеолфонд, N 517840.
141. Мартьянова Н.Н., Власенко Е.Л., Шашина Г.В. и др. Изучение и оценка запасов подземных вод для технического водоснабжения котельной пгт. Парма (состояние работ на 01.07.2016 г.). Лицензия СЫК 02350 ВЭ. Договор № 1-92-2016 от 01.06 2016 г. ЭКЗ № 4-2016. ООО «Геонорд». Усинск, 2016. Росгеолфонд, N 526834.
142. Мартьянова Н.Н., Найшулер М.П., Власенко Е.Л. и др. Оценка эксплуатационных запасов пресных подземных вод для технического водоснабжения объектов Северо-Мастерельского месторождения (по состоянию на 15.10.2012 г.). Отчет по договору № КН06/12-104. СЫК 012639 НЭ. ТКЗ № 185. ООО «Геонорд». Усинск, 2012. Росгеолфонд, N 508930.

143. Найшулер М.П., Белова С.В., Рычкова В.А. Гидрогеологические условия и оценка запасов подземных вод среднечетвертичного чирвинского водоносного горизонта на участке расположения скважины 15Д («Промзона» г.Усинска, ООО Севертрансэкскавация). ТКЗ № 23. ООО «Геонорд». Усинск, 2007. Росгеолфонд, N 488386.
144. Найшулер М.П., Белова С.В., Усманова Ю.Р. Гидрогеологические условия и оценка запасов подземных вод среднечетвертичного чирвинского водоносного горизонта на участке расположения скважины 1Г ПСП Уса. ТЭК (ТКЗ) N 5. ООО «Геонорд». Усинск, 2004. Росгеолфонд, N 486146.
145. Найшулер М.П., Белова С.В., Усманова Ю.Р. Гидрогеологические условия и оценка запасов подземных вод среднечетвертичного водоносного горизонта на участках расположения скважины 1Г (Комплекс по приему делегаций). ТЭК (ТКЗ) N 11. ООО «Геонорд». Усинск, 2005. Росгеолфонд, N 486094.
146. Найшулер М.П. Гидрогеологические условия и оценка запасов подземных вод среднечетвертичного чирвинского водоносного горизонта на участке расположения скважины 1. (Лукойлсевернефтепродукт). ТЭК (ТКЗ) N 12. ООО «Геонорд». Усинск, 2005. Росгеолфонд, N 486095.
147. Найшулер М.П. Гидрогеологические условия и оценка запасов подземных вод среднечетвертичного чирвинского водоносного горизонта на участке расположения скважины 1Г (Полярное Сияние). ТЭК (ТКЗ) N 1. ООО «Геонорд». Усинск, 2005. Росгеолфонд, N 486100.
148. Найшулер М.П., Косиненко Л.И., Власенко Е.Л. и др. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод по водозабору ООО Геонорд, промышленная зона г.Усинск, водозаборная скважина 1В Геонорд по состоянию на 01.09.09 г. ТКЗ № 101. ООО «Геонорд». Усинск, 2009. Росгеолфонд, N 498567.
149. Найшулер М.П., Косиненко Л.И., Власенко Е.Л. и др. Поиски и разведка подземных пресных вод на Баяндыкском нефтяном месторождении для хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения объектов

- нефтепромысла по состоянию на 01.10.2009 г. ТКЗ № 99. ООО «Геонорд». Усинск, 2009. Росгеолфонд, N 499105.
150. Найшулер М.П., Косиненко Л.И., Власенко Е.Л. и др. Поиски и разведка эксплуатационных запасов подземных вод на Западно-Сынатыском нефтяном месторождении для использования в хозяйственно-питьевых и технических целях. Состояние работ на 15.10.09 г. ТКЗ № 104. ООО «Геонорд». Усинск, 2009. Росгеолфонд, N 499020.
151. Найшулер М.П., Косиненко Л.И., Власенко Е.Л. и др. Поисково-оценочные работы по оценке запасов подземных вод среднечетвертичного чирвинского водоносного горизонта на участке расположения скважины 1 КНСС (промышленная зона г.Усинска) по состоянию на 01.05.09 г. ТКЗ № 79. ООО «Геонорд». Усинск, 2009. Росгеолфонд, N 497270.
152. Найшулер М.П., Косиненко Л.И., Власенко Е.Л. и др. Поисково-оценочные работы по оценке запасов подземных вод среднечетвертичного чирвинского водоносного горизонта на участке расположения скважины 1 ТК Пижма (по сост. на 05.04.09 г.). ТКЗ № 74. ООО «Геонорд». Усинск, 2009. Росгеолфонд, N 496642.
153. Найшуллер М.П., Косиненко Л.И., Власенко Е.Л. и др. Проведение поисковых и разведочных работ на подземные воды для хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения объектов Площадки № 2 «Первой очереди Комплекса по подготовке и переработки нефти и газа производительностью 1 млн. тонн сырой нефти» ООО «Енисей». ТКЗ № 71. ООО «Геонорд». Усинск, 2009. Росгеолфонд, N 495113.
154. Оберман Н.Г., Новоселов Е.Ф., Шеслер И.Г. Региональная оценка естественных ресурсов подземных вод Полярного и Приполярного Урала. ТКЗ № 28. 1984. Росгеолфонд, N 412329.
155. Оберман Н.Г., Прокопова М.М. Составление мерзлотно-гидрогеологической карты северной части Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции, м-б 1:500 000. об-ние «Полярноуралгеология». Воркута, 1980. Росгеолфонд, N 379280.

156. Огородникова Г.П., Разина И.П., Косиненко Л.И. и др. Оценка обеспеченности хозяйственно-питьевого водоснабжения Республики Коми (второй этап). Полярноуралгеология. Ухта, 1999. Росгеолфонд, N 473933.
157. Плотникова Р.И., Челидзе Ю.Б., Семендяева Л.В. и др. Создание комплектов государственных гидрогеологических карт масштаба 1:1000 000 листов N-43-Омск, N-44-Новосибирск, N-45-Новокузнецк, N-46-Абакан, M-37-Воронеж и гидрогеологической карты масштаба 1:1 000 000 Печорского артезианского бассейна. Объект № 2-50/14. Отчет по Гос. контракту № АМ-02-34/15 от 20.02.14 г. ФГУП «ВСЕГИНГЕО». Москва, 2016. Росгеолфонд, N 524140.
158. Символоков В.В., Найшулер М.П., Лютоева Л.В. и др. Отчет о проведении групповой комплексной геолого-гидрогеологической съемки м-ба 1:200 000 на листах Q-40-XIV, XIX, XX, XXI, XXII. Полярно-Уральское ПГО. Ухта, 1990. Росгеолфонд, N 455018.
159. Федосеева Н.И., Степанова Л.К., Федоришин И.Б. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод для технологического водоснабжения объектов на Мастерельском месторождении ОАО «Комнедра». ТКЗ № 159. ООО «ПИГЭ», ООО «Триас». Печора, 2021. Росгеолфонд, N 506580.
160. Шешукова Т.П. и Калиниченко О.В. Подсчет запасов пресных подземных вод для целей технического и хозяйственно-питьевого водоснабжения объектов на Баганском нефтяном месторождении (по состоянию на 01.05.09 г.). ТКЗ № 90. ООО «Комигеология». Сыктывкар, 2009. Росгеолфонд, N 498283.