ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ

ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК (ИВП РАН)

На правах рукописи

Направление подготовки: 05.06.01 Науки о Земле
Направленность (профиль) подготовки: 25.00.07 Гидрогеология
Форма обучения: очная

НАУЧНО-КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

«Оценка прогнозных ресурсов подземных вод Усинского района (восточной части Печорского артезианского бассейна) с использованием гидрогеодинамического моделирования»

Аспирант: Егоров Тимофей Сергеевич

_____
(подпись аспиранта)

Научный руководитель:
Беляев Алексей Юрьевич
К.ф.-м.н., ст.н.с.

_____
(подпись научного руководителя)

Москва 2020

Содержание

Введение 4
1. Физико-географический очерк 6
2. Геолого-гидрогеологические условия 16
2.1. Тектоника 16
2.2. Стратиграфия 16
2.3. Геокриологические условия 20
2.4. Гидрогеологические условия 21
3. Оценка прогнозных ресурсов 32
3.1. Моделирование геофильтрации и численный метод 33
3.2. Геофильтрационная схематизация 36
3.3. Формирование модели 37
3.4. Решение обратной задачи 39
3.5. Решение прогнозных задач и анализ полученных результатов 46
3.6. Оценка ущерба речному стоку 53
Заключение 54
Список литературы 55

Список таблиц в тексте:

Рис. 1.1. Обзорная карта исследуемого района 6
Рис. 1.2. Карта физико-географических условий 7
Рис. 1.3. Карта ландшафтного районирования 8
Рис. 1.4. Карта основных речных бассейнов.....10
Рис. 1.5. Карта Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции 15
Рис. 2.1. Карта геолого-геокриологических условий.....18
Рис. 2.2. Карта геолого-гидрогеологических условий исследуемой территории 23
Рис. 2.3. Геолого-гидрогеологический разрез исследуемой территории.....24
Рис. 2.4. Условные обозначения к геолого-гидрогеологической карте и разрезу 24
Рис. 3.1. Соотношение между модельными и фактическими уровнями подземных вод чирвинского водоносного горизонта (обратная задача на 2016 год) 40
Рис. 3.2. Модельная карта инфильтрационного питания 42
Рис. 3.3. Модельная карта проводимости подрусловых отложений 43
Рис. 3.4. Модельная карта проводимости чирвинского водоносного горизонта 44
Рис. 3.5. Модельная карта уровней чирвинского водоносного горизонта (обратная задача) 45
Рис. 3.6. Модельная карта уровней чирвинского водоносного горизонта (сценарий 1) 47
Рис. 3.7. Модельная карта изменений уровней чирвинского водоносного горизонта (сценарий 1).....48
Рис. 3.8. Модельная карта уровней чирвинского водоносного горизонта (сценарий 2) 51
Рис. 3.9. Модельная карта изменений уровней чирвинского водоносного горизонта (сценарий 2).....52

Список таблиц в тексте:

Таблица 1.1. Характеристика состояния расхода воды по данным Гидрометцентра РК.....11
Таблица 1.2. Крупнейшие нефтяные месторождения района 15
Таблица 2.1. Гидродинамические параметры чирвинского водоносного горизонта 29
Таблица 2.2. Схема гидрогеологической стратификации четвертичных образований на исследуемой территории.....31
Таблица 3.1. Соотношение между модельными и фактическими уровнями подземных вод (обратная задача на 2016 год).....41
Таблица 3.2. Формирование модельного баланса 46
Таблица 3.3. Ущерб речному стоку при максимальном водоотборе 53

Введение

Основная цель исследования заключалась в системном изучении природных условий формирования, пространственных закономерностей распространения подземных вод четвертичных образований и региональной оценке прогнозных ресурсов на типовых площадях Печорского АБ (Усинский район) в условиях распространения многолетнемерзлых пород с помощью численной модели, сформированной на базе программной системы “ModTech” (2008).

Учитывая, что развитие нефтедобычи в Усинском районе характеризуется интенсификацией работ по повышению нефтеотдачи пластов разрабатываемых месторождений и применением новейших технологий добычи, для исследуемой территории требуется детальное изучение прогнозных ресурсов подземных вод, т.е. на участках, уже имеющих соответствующую инфраструктуру, находящихся непосредственно рядом с водопотребителем. Согласно действующей классификации запасов и прогнозных ресурсов подземных вод прогнозные ресурсы (относящиеся к категории P_1 по принятым нормативам) 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. Таким образом, актуальность детального исследования ресурсов подземных вод на этой территории не вызывает сомнений.

Основное содержание работы состоит 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 артезианского бассейна, на которой выполнены прогнозные расчеты предельной нагрузки на действующие месторождения распределенного фонда недр. В работе использованы материалы, полученные автором ранее в ходе выполнения 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 разномасштабных съемочных и поисково-оценочных работ, изучен опыт эксплуатации освоенных месторождений подземных вод.

Изложенные результаты исследований, кроме очевидной практической применимости, имеют научную значимость в области условий формирования и прогнозных оценок ресурсов подземных вод межпластового чирвинского водоносного горизонта Печорского артезианского бассейна. Полученные результаты являются новыми и находятся в хорошем соответствии с предыдущими региональными исследованиями, дополняя и детализируя их.

В отношении методов исследования для решения поставленных задач потребовалась, в первую очередь, большая работа по накоплению исходной информации. Выполнен сбор, анализ и интерпретация основных гидрогеологических результатов последних десятилетий по территории Печорского АБ. Создана единая гидрогеологическая стратификация четвертичных образований по анализу ретроспективной информации с учетом действующих рекомендаций по составлению схем гидрогеологической стратификации. Выявлены перспективные площади для оценки прогнозных ресурсов подземных вод с ориентиром не только на их финансирование из федерального бюджета (то есть потребитель не ниже районного центра), но и необходимость обеспечения населения небольших населенных пунктов и перспективных промышленных объектов. Создана картографическая и фактографическая база исследуемой площади, основанной на ретроспективной и фондовой геологической информации.

Оценка прогнозных ресурсов подземных вод в условиях распространения многолетнемерзлых пород была выполнена посредством численного моделирования. Работа по созданию математической модели на базе коммерческой системы «ModTech» включала следующие этапы:

1) схематизацию, которая заключается в определении граничных условий, временной и пространственной структуры, параметров моделируемого объекта;

2) формирование структуры базы модели с использованием программных средств;

3) заполнение модельной базы необходимым и достаточным набором информации;

4) калибровку исходной модели посредством решения серии обратных задач;

5) оценку источников формирования ресурсов подземных вод;

6) оценку ущерба речному стоку для перспективного водоотбора.

Обоснование принятого подхода и полученные результаты составили содержание подготовленной статьи (принята к печати) в журнал «Водные ресурсы» и полученного диплома I-й степени на V Всероссийском конкурсе научно-исследовательских работ студентов и аспирантов ВУЗов России по естественным, техническим и гуманитарным наукам «Шаг в науку» (Томский политехнический университет, 2020 г.). Помимо этого, автором опубликовано 2 научные статьи, связанных с темой научно-квалификационной работы.

Автор выражает особую благодарность своей супруге за всестороннюю поддержку.

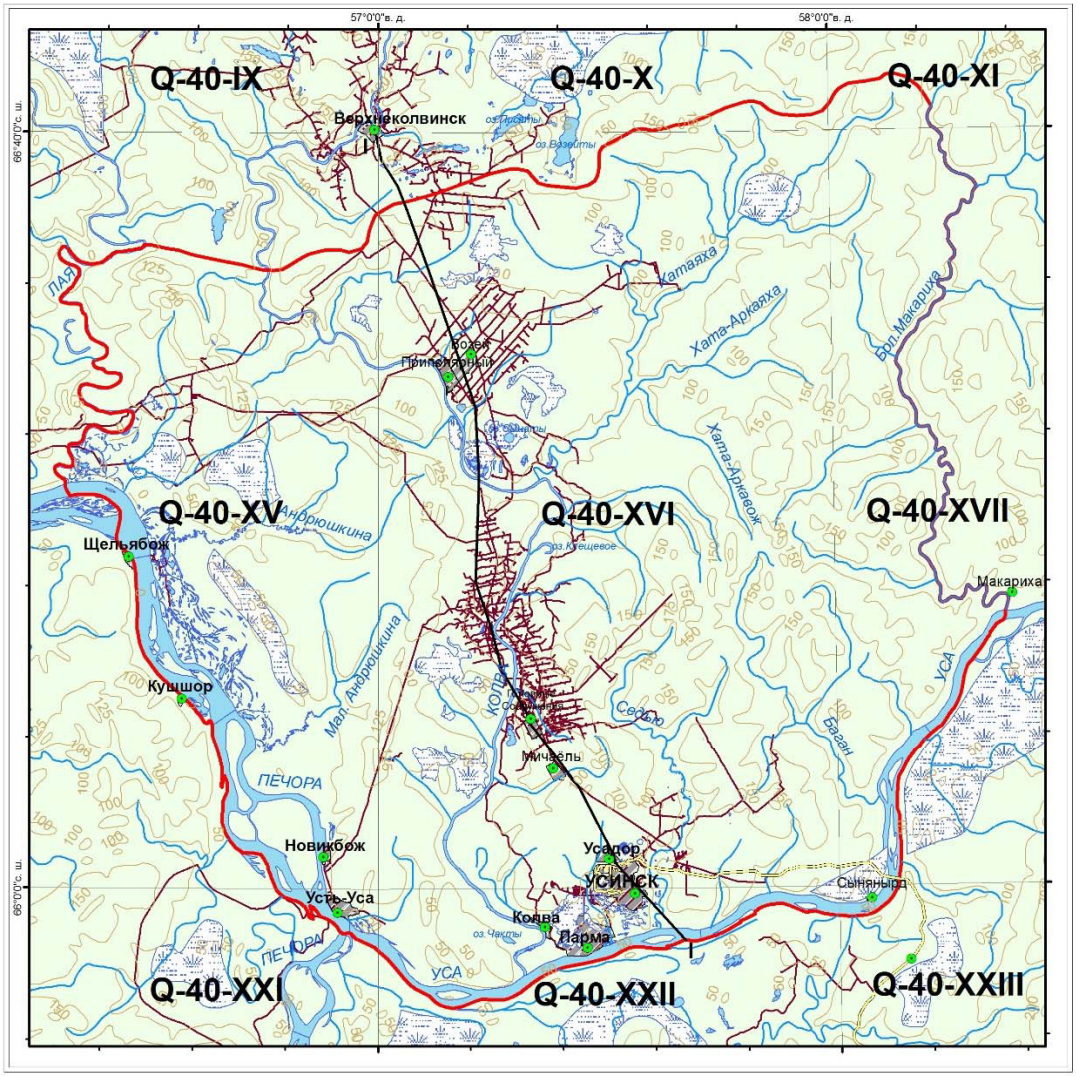
1. Физико-географический очерк

В ***административном отношении*** исследуемая территория расположена в муниципальном образовании городского округа «Усинск» Республики Коми, в северной части республики, в пределах Русской равнины, на листах Q-40-XV – Q-40-XVII разграфки Государственной геологической карты масштаба 1:200 000 (рис. 1.1, рис. 1.2).

Рис. 1.1. Обзорная карта исследуемого района

Основной населенный пункт на изучаемой территории – г. Усинск, который являюется центром нефтедобывающего района с развитой промышленной и социальной инфраструктурой. На территории Усинского района обеспечивается основной объём добычи (около 80%) нефти на Европейском севере России. Город Усинск относится к средне- населенному северному городу [42].

Масштаб 1:500 000



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

I. Водопункты

Скважина (цифра - номер по каталогу):

- 10 — картировочная
- 21 — поисковая
- 50 — разведочно-эксплуатационная

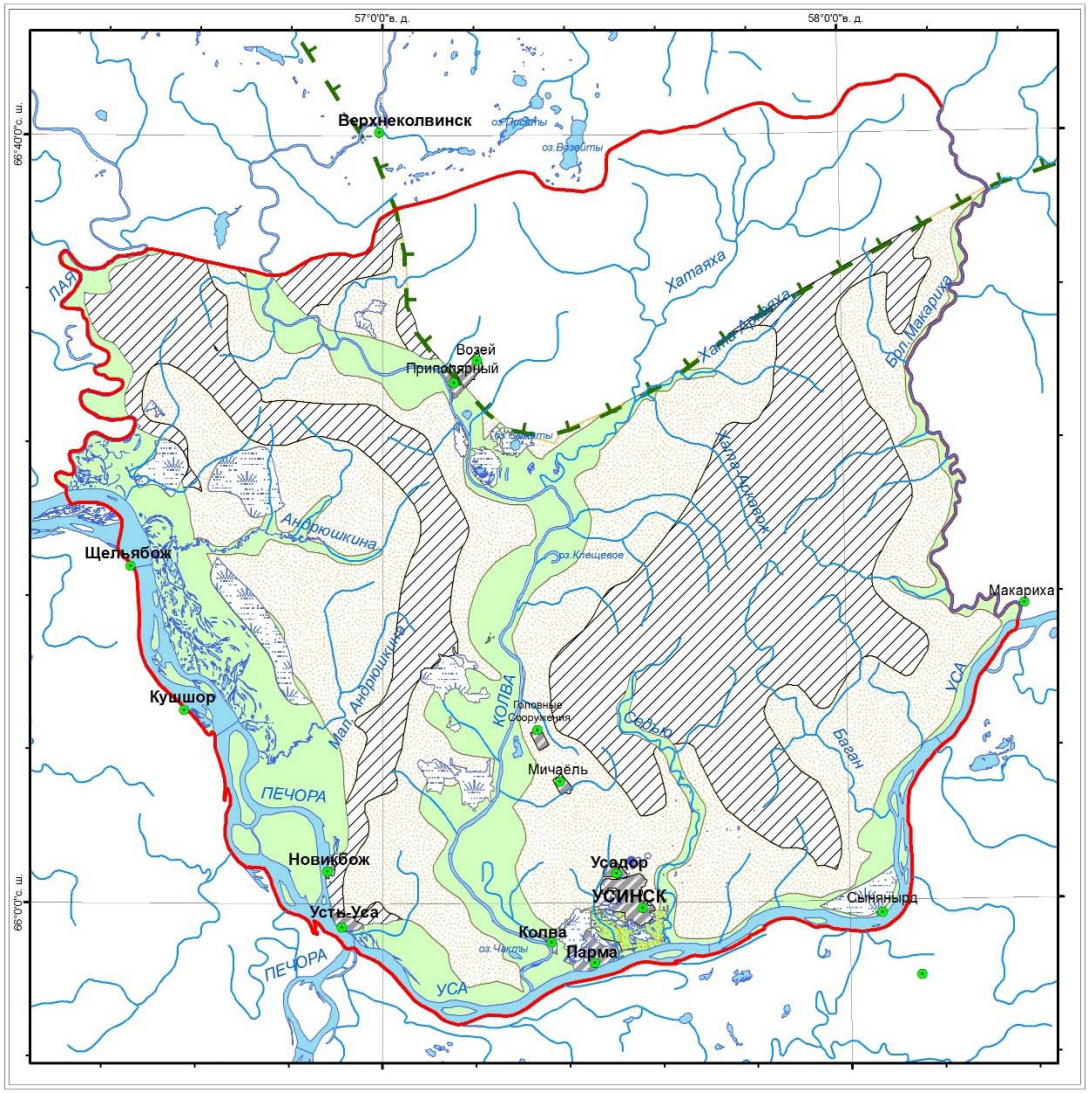
Баганское МППВ — Месторождение (надпись - название по каталогу месторождений)

II. Прочие

- Линия гидрогеологического разреза
- Границы модели
- Населенный пункт
- Селитебная территория

Рис. 1.2. Карта физико-географических условий

Масштаб 1:500 000



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

I. Ландшафты *

Лесная зона: равнины ледниковые холмисто-увалистые и волнистые расчлененные, сложенные средненеоплейстоценовыми 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 верхненеоплейсто-ценовыми 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)

Заболоченные территории

Селитебная территория

Сельско-хозяйственные угодья

II. Прочие

Населенный пункт

Границы модели

* - данные использованы по результатам полевых работ, выполненных автором

Рис. 1.3. Карта ландшафтного районирования

Численность населения в населенных пунктах на исследуемой территории составляет 44173 человека на конец 2016 года [9].

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. 1.2).

Грядово-холмистый рельеф приурочен к ледово-морским отложениям, слагающим поверхность выравнивания, с абсолютными отметками от 140 до 200 м. Пологоволнистый рельеф приурочен к озерно-морской 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 [17] (рис. 1.3).

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. 1.4).

Река Печора – крупнейшая водная артерия Республики Коми. Р. 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 [1].

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 $м^3/с$.

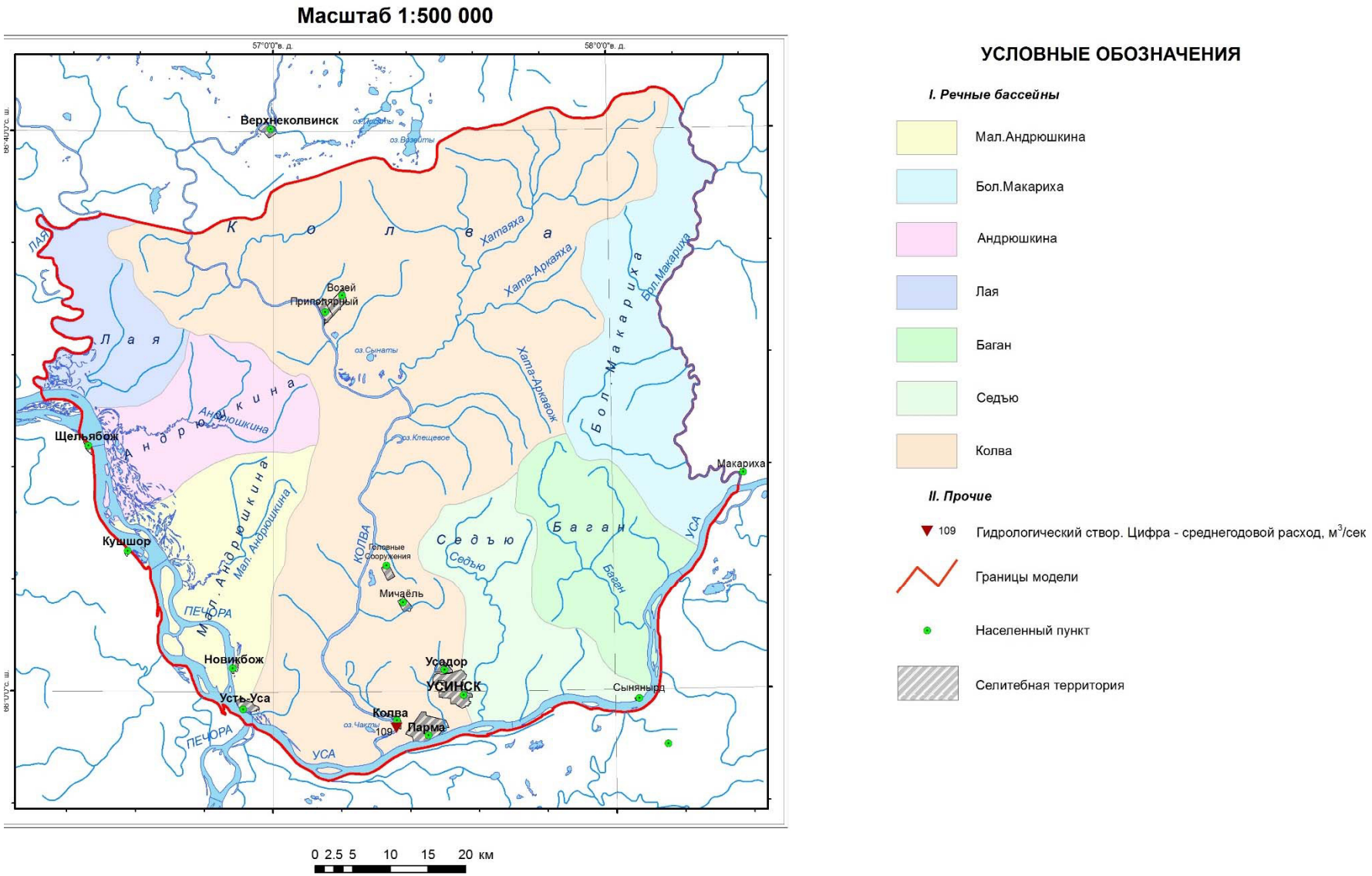


Рис. 1.4. Карта основных речных бассейнов

За последнее десятилетие на гидрологическом режимном посте р. Уса – с. Усть-Уса, который фактически характеризует качество поверхностных вод исследуемой территории, регулярно отмечалось превышение допустимых концентраций по ряду химических компонентов: железо общее, медь, нитриты, нефтепродукты, ХПК и др. (по данным Государственного мониторинга водных объектов).

Река Колва имеет равнинный характер. Дно галечно-песчаное, валунное. Русло представляет чередование плесов и перекатов. Ширина русла реки около 200-300м, 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. Подъём уровня в реках при весеннем половодье составляет от 5,98 м до 12,88 м. Межень наступает во второй декаде июля и продолжается 2,5-3 месяца. Среднегодовой расход реки в районе устья составляет – 109 м^3/с, расход 95% обеспеченности составляет - 56 м^3/с [29]. Значения максимальных и средних годовых многолетних расходов воды в основных водотоках рассматриваемой территории за весь период имеющихся наблюдений (1931-99 гг.) (табл. 1.1).

Таблица 1.1. Характеристика состояния расхода воды по данным Гидрометцентра РК

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

Среднемноголетний модуль стока рассматриваемой территории определен по карте среднего годового стока и составляет порядка 16 л/с-км^2. 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.

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 м 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 м^3/с, в зимний период расход

сокращается на 20 %, максимальный подъём уровня воды в паводок – до 3,5 м. Река Хатаяха в зимний период не перемерзает [48].

Река Большая Макариха является правым притоком р. Усы, ширина ее долины изменяется от 0,3 – 0,8 км 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 м^3/с, при весеннем паводке - 51 м^3/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 перемерзают [43].

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 км^2. Долина реки Седью достигает 1,0 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/сек при уклоне потока 0,0002. Среднегодовой расход реки, по данным многолетних наблюдений, изменяется от 2,94 до 5,14 м^3/с (0,62 м^3/с – расход 95% обеспеченности). Средний многолетний модуль стока 8-12 л/сек-км^2. Соотношение максимального среднемесячного расхода воды к минимальному составляет более 150. Максимальный расход воды на реке формируется в результате интенсивного поступления в русло весенних талых вод. Перемерзания 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 100 до 1200 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/сек. Расход реки, по данным наблюдений, в летнюю межень составляет 0,8 м^3/с, в зимнюю межень снижается до 0,23 м^3/с. Максимальный расход реки приходится на весенне-летний паводок и составляет 65,8 м^3/с. Годовые колебания уровня воды в р. Баган составляют 3,1 метра. По типу питания р. Баган относится к группе снеговых [47].

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 Андрюшкина 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/дм^3 преимущественно гидрокарбонатные натриево-кальциевые; магниево-кальциево-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/см^3, 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 [9].

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 (зимой) до +4°С (летом).

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 [1].

Радиационный фон района работ формируется в условиях малого количества солнечной радиации, не более 70-80 ккал/см^2. Основной приток тепла происходит за счет рассеянной радиации (около 70%) [40].

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 [8,1] (рис. 1.3).

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.

Животный мир района весьма разнообразен и представлен обычными для тундровой и таежной зоны видами. В тундровой зоне обитает полярный волк, дикий северный олень, белая куропатка, гуси, утки. В таежной – медведь, лось, горностай, заяц, белка, лисица, рябчик, глухарь.

На исследуемой территории из ***современных экзогенных процессов*** широко распространено заболачивание и склоновые процессы (овражная и склоновая эрозия).

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. В период с 2006 г. по настоящее время добыча нефти в Усинском районе возросла более чем на 40% [30] (табл. 1.2) (рис. 1.5). 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.

Таблица 1.2. 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

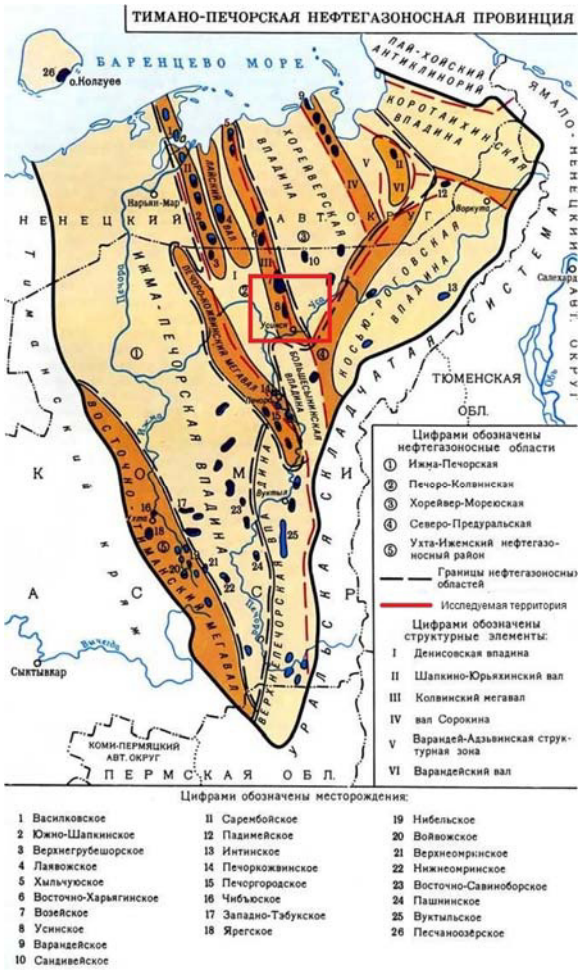


Рис. 1.5. Карта Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции

2. Геолого-гидрогеологические условия

В геологическом строении исследуемой территории участвуют отложения протерозойской, палеозойской и кайнозойской групп. Исходя из задач и целевого назначения исследований, направленных в основном на изучение геолого-гидрогеологических условий верхней части разреза, включающей отложения кайнозойского возраста (неоген-четвертичного) в зоне активного водообмена, как наиболее перспективных в отношении водообильности [49].

2.1. Тектоника

Исследуемая территория расположена в трех тектонических структурах I-го порядка с запада на восток: Денисовский прогиб, Колвинский мегавал и Хоревейрская мегавпадина (рис. 1.5).

Денисовский прогиб простирается в северо-западном направлении длиною 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 длиною более 300 км, шириной от 30 до 40 км. В северной части мегавала, вблизи с акваторией 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).

Хорейверская 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. [8,4,49].

2.2. Стратиграфия

Исходя из задач и целевого назначения исследований, рассматривается только верхняя часть разреза, представленная кайнозойской группой [8].

Кайнозойская группа (Kz)

Распространены лишь отложения четвертичной системы.

Четвертичная система (Q)

Четвертичные отложения на исследуемой территории представлены нижненеоплейстоценовыми (колвинская свита и коми-пермяцкий надгоризонт), средненеоплейстоценовыми (чирвинский горизонт и тимано-уральский надгоризонт), верхненеоплейстоценовыми (сулинский, бызовский, полярный горизонты) и голоценовыми отложениями (рис. 2.1) [15].

Нижненеоплейстоценовое звено (I)

Нижненеоплейстоценовые отложения представлены ледниково-морскими и морскими отложениями (gm,mI) колвинской свиты и коми-пермяцкого надгоризонта и залегают на размытой поверхности дочетвертичных пород. Отложения распространены неповсеместно, 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 [35].

Средненеоплейстоценовое звено (II)

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

Чирвинский горизонт (la,amIIčr) сложен озерно-аллювиальными и аллювиально-морскими отложениями, которые залегают с размывом на коми-пермяцких отложениях, 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) [39].

Тимано-уральский надгоризонт (g,gmIItu) представлен отложениями печорского, родионовского и вычегодского возраста. Отложения распространены повсеместно и представлены суглинками темно-серыми плотными, содержащими гравий и гальку, отмечены многочисленными слои 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 прослои глин и суглинков. Мощность отложений тимано-уральского надгоризонта колеблется от 30 до 90 м [37].

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.

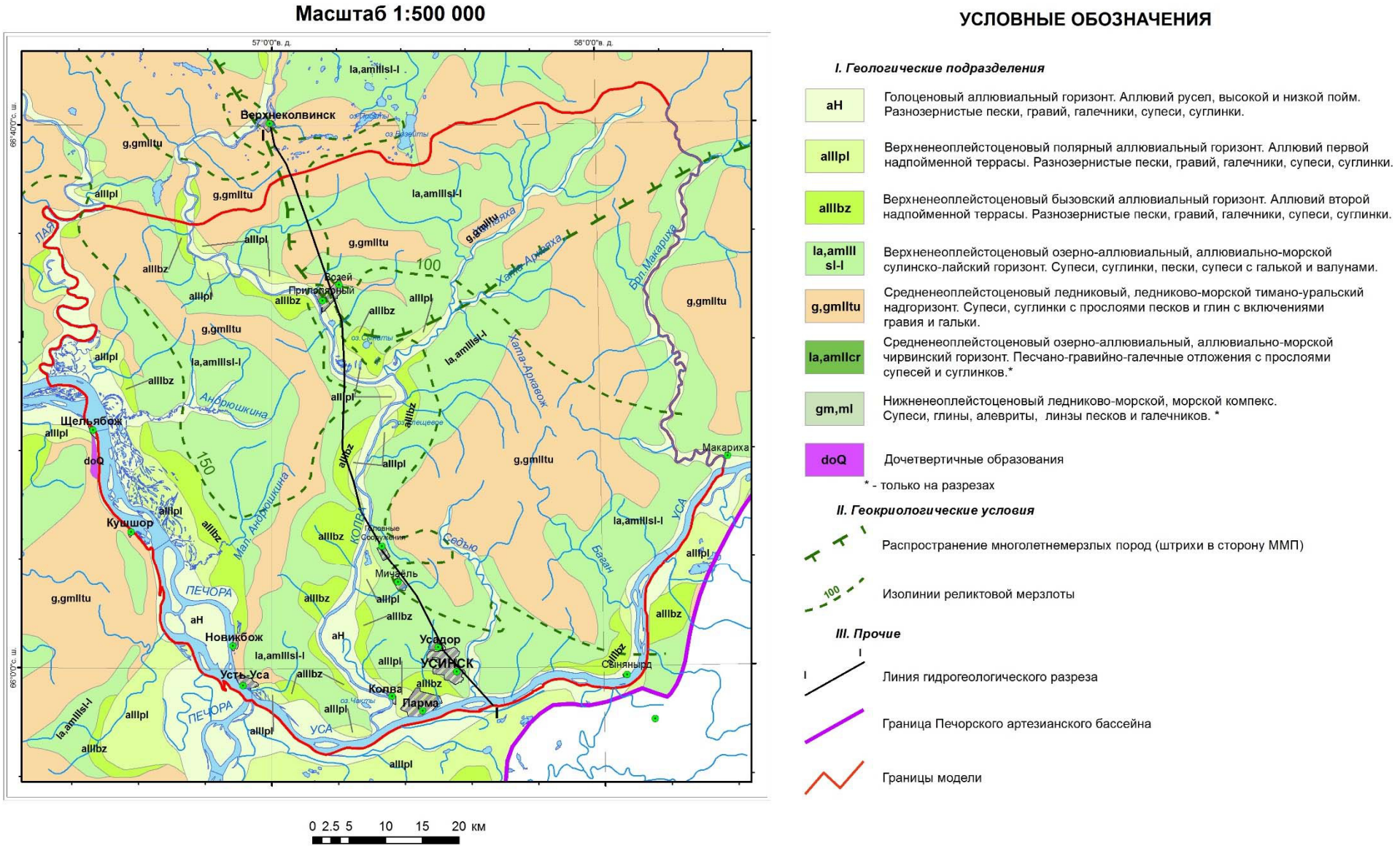


Рис. 2.1. Карта геолого-геокриологических условий

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.

Верхненеоплейстоценовое звено (III)

Средненеоплейстоценовые отложения приурочены к сулинскому, лайскому, бызовскому и полярному горизонтам [44].

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 (laQIIIl). 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 индекс этого подразделения - la,amII-III.

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.

Голоцен (H)

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 не превышает 5,5 м. Данные отложения являются некартируемыми в рамках поставленных задач [18,45].

2.3. Геокриологические условия

Исследуемая территория имеет преимущественно двухслойное строение многолетней мерзлоты: погребенная (реликтовая) и распространенная с поверхности [2,13] (рис. 2.1).

Реликтовая мерзлота распространена повсеместна на исследуемой территории. Глубина залегания кровли реликтовых ММП 80 – 200 м, 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 (-0,1 – 0,65°С) 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 слабосолоноватые и соленые воды. Данный водоупор (ММП) препятствуют проникновению в зону свободного водообмена некондиционных солоноватых вод из нижележащих горизонтов.

Мерзлота, развитая с поверхности, распространена в северо-восточной части исследуемой территории. Распространенная на поверхности мерзлота в районе относится к зоне крупноостровного развития [2,3]. 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.

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 [3].

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 [42].

2.4. Гидрогеологические условия

В гидрогеологическом отношении район работ располагается в южной части Тимано-Печорского сложного артезианскому бассейна (структуры I порядка fIII), Печорского артезианского бассейна (структуры II порядка aIII-Б), Большеземельского артезианского бассейна (структура III порядка aIII-Б2) [49]. По характеру обводненности и приуроченности подземных вод к литологически сходным водовмещающим отложениям определенных стратиграфических единиц выделяются следующие гидрогеологические подразделения [7,23] (рис. 2.2-2.4, табл. 2.2):

- Голоценовый озерно-болотный водоносный горизонт (lbH);

- Верхненеоплейстоцен-голоценовый аллювиальный, озерно-аллювиальный водоносный горизонт (a,laIII-H);
- Средне (6 ступень) - верхненеоплейстоценовый озерно-ледниковый, флювиогляциальный водоносный горизонт (lg,fII$_6$-III);
- Средненеоплейстоценовый (4-6 ступени) ледниковый (тимано-уральский) относительно водоупорный горизонт (gII$_{4-6}$);
- Средненеоплейстоценовый озерно-аллювиальный (чирвинский) водоносный горизонт (laII$_{1-3}$);
- Нижненеоплейстоценовый (8 ступень) ледниковый относительно водоупорный горизонт (gI$_8$)

Голоценовый озерно-болотный водоносный горизонт (lbH)

Заболоченные пространства занимают до 34% 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 на глубинах от 0-0,1 м до 2,0 м. Уровень воды находится в прямой зависимости от сезонно-климатических факторов.

Водообильность горизонта и качество грунтовых вод характеризуется по результатам опробования нисходящих источников. Дебит источников составляет от 0,15 л/с до 3,0 л/с. Преобладают источники с дебитом больше 1 л/с.

Воды ультрапресные с минерализацией 0,02-0,14 г/дм^3. По химическому составу воды гидрокарбонатные натриево-кальциевые магниево-кальциевые. Реакция воды от кислой (pH=4) до слабощелочной (pH=7,8), окисляемость достигает 33,6 мгO$_2$/дм^3, по степени жесткости воды очень мягкие (0,08-0,64 мг-экв/дм^3). Содержание азотных соединений достигает 1,17 мг/дм^3, железа общего 1,69 мг/дм^3. Воды агрессивны по отношению к бетону.

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.

Данные отложения являются некартируемыми в рамках поставленных задач [18].

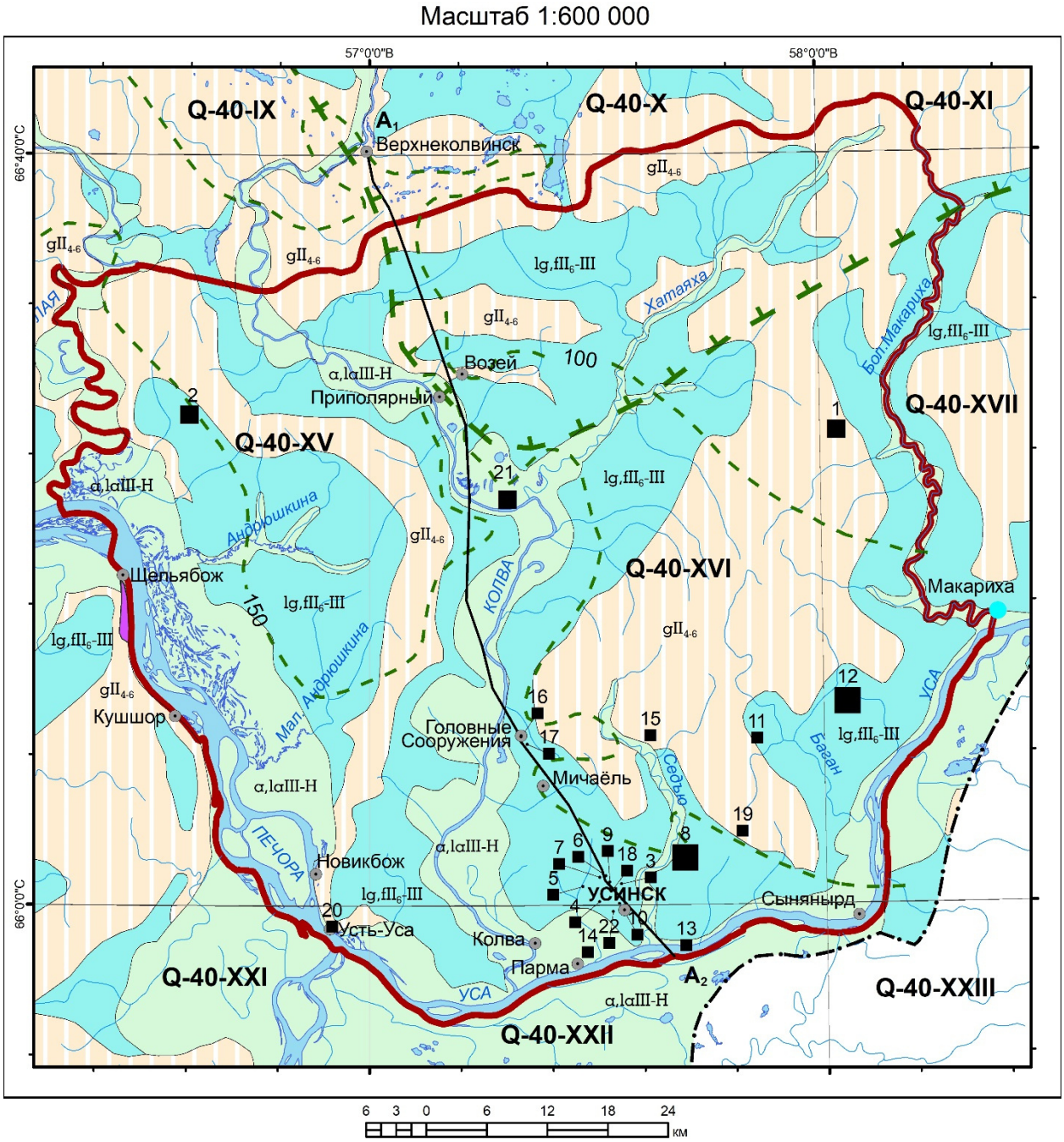


Рис. 2.2. Карта геолого-гидрогеологических условий исследуемой территории

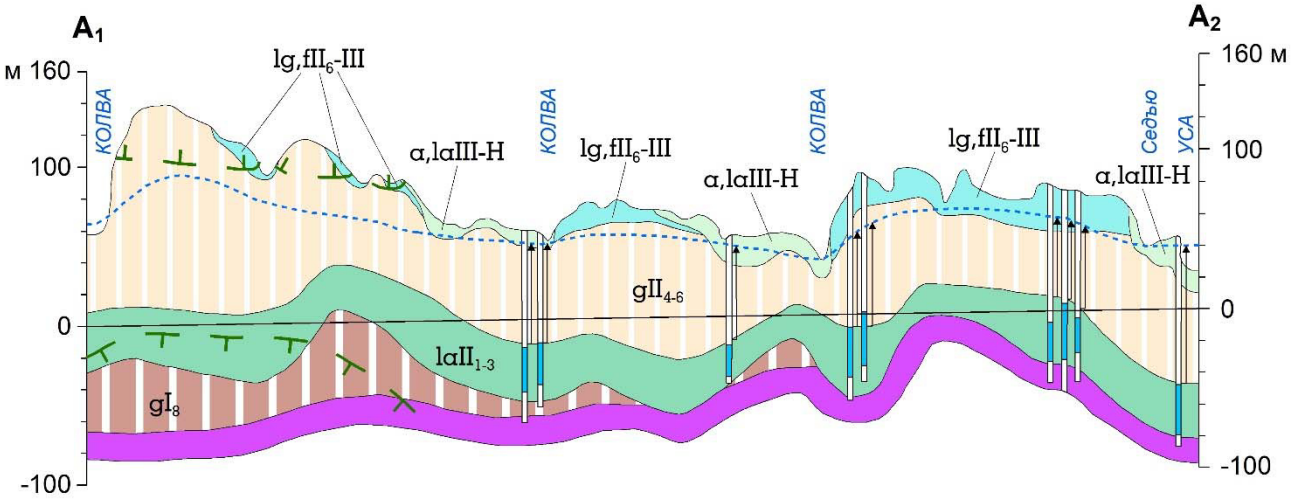


Рис. 2.3. Геолого-гидрогеологический разрез исследуемой территории

У С Л О В Н Ы Е О Б О З Н А Ч Е Н И Я

I. Гидрогеологические подразделения

α,lαIII-H	Верхненеоплейстоцен-голоценовый аллювиальный, озерно-аллювиальный водоносный горизонт
lg,fII$_6$-III	Средне (6 ступень) - верхненеоплейстоценовый озерно-ледниковый, флювиогляциальный водоносный горизонт
gII$_{4-6}$	Средненеоплейстоценовый (4-6 ступени) ледниковый (тимано-уральский) относительно водоупорный горизонт
lαII$_{1-3}$	Средненеоплейстоценовый (1-3 ступени) озерно-аллювиальный (чирвинский) водоносный горизонт
gI$_8$	Нижненеоплейстоценовый (8 ступень) ледниковый относительно водоупорный горизонт
	Дочетвертичные образования

II. Геокриологические условия

	Граница распространения многолетнемерзлых пород (штрихи в сторону ММП)
	Изолинии глубины кровли реликтовой мерзлоты, м

III. Прочие

	Границы исследуемой территории (модели)
	Границы гидрогеологических подразделений
	Статический уровень чирвинского водоносного горизонта
A1 A2	Линия гидрогеологического разреза

IV. Месторождения подземных вод

Утвержденные запасы на месторождении, тыс.м^3/сут		
менее 1.0	1.0-5.0	5.0-50.0
■	■	■

Перечень месторождений

Номер	Наименование	Запасы, м^3/сут
1	*Баганское МППВ**	*1800.0*
2	*Баяндыское питьевое МППВ*	*1210.0*
3	*Безымянное-1 МППВ*	*216.0*
4	*Безымянное-2 МППВ*	*39.0*
5	*Болбанъельское МТПВ***	*15.0*
6	*Верхне-Команюрское МППВ*	*104.4*
7	*Верхне-Команюрское-2 МППВ*	*107.0*
8	*Верхнеседъюское МППВ*	*9920.0*
9	*Восточно-Болбаньельское МППВ*	*11.0*
10	*Западноседьюское МТПВ*	*35.0*
11	*Западноселаельское МППВ*	*2.0*
12	*Мастерьельское питьевое МППВ*	*20000.0*
13	*Осьваньское МППВ*	*16.0*
14	*Пармское МТПВ*	*147.0*
15	*Североседьюское МТПВ*	*271.2*
16	*Североселаельское МППВ*	*68.0*
17	*Селаельский участок МППВ*	*30.0*
18	*Средне-Болбаньельское МППВ*	*10.0*
19	*Сынянюрское МТПВ*	*190.0*
20	*Устьусинское МППВ*	*360.0*
21	*Хатаяхское МППВ*	*1100.0*
22	*Южно-Болбаньельское МППВ*	*40.0*

*Примечание: * - месторождение питьевых подземных вод*
*** - месторождение технических подземных вод*

Рис. 2.4. Условные обозначения к геолого-гидрогеологической карте и разрезу

Верхненеоплейстоцен-голоценовый аллювиальный, озерно-аллювиальный водоносный горизонт (a,laIII-H)

Водоносный горизонт 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 предоставлена хорошо промытыми и иловатыми песками, разнозернистыми 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, до 25 м в долинах р.Усы и р.Печоры.

Фильтрационные свойства водовмещающих отложений неоднородны. Коэффициенты фильтрации пойменных аллювиальных песков изменяются от 0,3 м/сут 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 составил 0,51-1,67 м/сут. Дебиты нисходящих источников 0,1-0,8 л/с. 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 м до 7,8 м и зависит как от рельефа, так и от сезонно-климатических факторов. Годовая амплитуда колебаний уровня по скважинам составила 1,88 м [36].

Подземные воды горизонта без цвета, запаха, приятные на вкус с минерализацией от 0,02 до 0,1 г/дм^3. 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 составило 2,4-7,4 мг/дм^3. 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. Для централизованного водообеспечения горизонт непригоден, только для хозяйственных нужд.

Средне (6 ступень) - верхненеоплейстоценовый озерно-ледниковый, флювиогляциальный водоносный горизонт (lg,fII$_6$-III)

Горизонт 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 континентальными песками, реже озерно-болотными глинами, алевритами, ближе к северу района - аллювиально-морскими. Максимальная мощность горизонта 30 м. Но на большей части территории первые метры.

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 составляет 0,1-0,5 л/сек. Дебит скважин составил 0,3 л/с при понижении уровня воды на 1,5 м.

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 амплитудой 2,21 м. В целом, водоносность этого горизонта имеет сезонный характер при низких значениях дебита, а сам горизонт является, по большей части, “транзитным” для нижележащих гидрогеологических подразделений.

Минерализация подземных вод горизонта 0,03-0,08 г/ дм^3. Химический состав воды в родниках от хлоридно-гидрокарбонатного натриевого до гидрокарбонатного магниево-кальциево-натриевого. В водах обнаружены нефтепродукты до 0,008 мг/дм^3. По физическим свойствам воды прозрачные, без цвета и вкуса.

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 [50].

Средненеоплейстоценовый (4-6 ступени) ледниковый (тимано-уральский) относительно водоупорный горизонт (gII_{4-6})

Горизонт распространен повсеместно. Подстилается чирвинскими осадками. Водовмещающими породами в толще моренных суглинков и глин являются маломощные прослои и линзы тонко-мелкозернистых алевритистых песков, по площади мощность их не выдержана. Общая мощность горизонта составляет около 50 м.

По характеру циркуляции воды поровые, напорные, уровни залегают на различных глубинах, зачастую не образуют единой поверхности. Водообильность комплекса весьма низкая, удельные дебиты скважин на исследуемой территории не превышают сотых долей л/с.

По химическому составу воды комплекса гидрокарбонатные кальциево-натриевые с минерализацией 0,4–0,8 г/дм^3, нейтральные, редко слабощелочные (pH =7,46-8,3).

Для целей водоснабжения горизонт неперспективен в силу слабой водообильности. Однако, воды горизонта в отдельных случаях могут использоваться для организации водоснабжения мелких децентрализованных объектов [46]. По большей части, горизонт является “транзитным” для нижележащих отложений чирвинского межледниковья.

Средненеоплейстоценовый озерно-аллювиальный (чирвинский) водоносный горизонт ($laII_{1-3}$)

Водоносный горизонт 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 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-Мастерьельской структуры, где подстилающими являются верхнеюрские отложения. В северо-восточной части исследуемой территории частично проморожены снизу реликтовой мерзлотой [41].

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 + 12,89 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 суглинисто-глинистую 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 вышезалегающих голоценовых и верхненеоплейстоценовых гидрогеологических подразделений, то в поймах крупных рек наблюдается инверсия этого соотношения. Подтверждение этому – самоизлив подземных вод чирвинского горизонта в скважинах, пройденных в долине рек.

Водообильность 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, водопроводимость составляет от 6,1 до 442,0 $м^2$/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 7,33-14,0 л/с (табл. 2.1).

Физические свойства подземных вод удовлетворительные. Воды прозрачные, без цвета, без вкуса, без запаха, с минерализацией 0,16-0,6 г/$дм^3$ (чаще 0,1-0,3 г/$дм^3$), по составу воды, в основном, гидрокарбонатные натриево-кальциевые или кальциево-натриевые, от слабокислых до щелочных (pH=6,2-9,93). Окисляемость воды 1,6-22,5 мгO_2/$дм^3$. Общая жесткость 0,34-4,7 мг-экв/$дм^3$, что позволяет классифицировать воды как очень мягкие, мягкие и умеренно жесткие. По химическому составу воды соответствуют требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01 [31], за исключением показателей по железу, превышение которого в регионе повсеместно. По данным [10] на участках Возейского и Усинского нефтяных месторождений зафиксированы единичные превышения допустимых концентраций по содержанию алюминия, аммония и мутности.

Таблица 2.1. Гидродинамические параметры чирвинского водоносного горизонта

Название МПВ или участка недр	Дебит, л/с	Понижение, м	Уд. дебит, л/с×м	Коэффициенты $м^2$/сут	
				km	a
«Верхнеседьюское» МПВ	0,34-15,4	20,6-16,4		442,0	$2,1\times10^5$
УН«Безымянный-1»	2,5	7,63	0,33	51,3	$2,1\times10^5$
УН «Болбаньельский»	3,51	9,02	0,39	88,45	$2,1\times10^5$
УН «Безымянный-2»	1,79	7,86	0,23	83,9	$2,1\times10^5$
УН «Осьваньский»	2,17	7,68	0,28	55,27	$2,1\times10^5$
УН «Верхне-Команюрский»	2,2	40	0,0055	18,0	$0,6\times10^4$
УН «Восточно-Болбаньельский»	1,2	1,42	0,84	110,0	$3,7\times10^4$
«Средне-Болбаньельское» МПВ	1,33	21,0	0,0063	15,2	$0,5\times10^4$
УН «Селаельский»	0,61	37	0,017	6,1	$2,1\times10^5$
«Южно-Болбаньельское» МПВ	1,25	13,0	0,1	13,3	$0,4\times10^4$
«Западноседьюское» МПВ	1,3	4,6	0,28	49,0	$2,3\times10^4$
«Североселаельское» МПВ	0,88	40,44	0,022	14,4	$0,7\times10^4$
«Мастерьельское» МТПВ	2,2-2,5	11,34-64,16	0,034-0,22	29,4	$2,1\times10^5$

На исследуемой территории разведано 17 очень мелких месторождений (с запасами менее 1.0 тыс.$м^3$/сут), 3 мелких месторождения (с запасами 1.0–5.0 тыс.$м^3$/сут) и 2 средних месторождения (Верхнеседьюское МППВ и Мастерьельское МППВ с запасами 9,92 тыс.$м^3$/сут и 20,0 тыс.$м^3$/сут соответственно) на чирвинский водоносный горизонт (рис. 2.2, рис. 2.4) [11]. 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 (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 ГОСТа 2874-82 «Вода питьевая», наиболее перспективные для

решения задач централизованного водоснабжения. В настоящее время используются для децентрализованного водоснабжения объектов в ГО Усинске, а в перспективе будут использоваться для водоснабжения г. Усинска.

Нижненеоплейстоценовый (8 ступень) ледниковый относительно водоупорный горизонт (gI_8)

Горизонт имеет широкое распространение в пределах Усинского поднятия и Мастерьельской структуры. Отложения комплекса литологически очень не выдержаны и песчаные отложения фациально замещаются на суглинки и глины. Кровля комплекса отмечена на абсолютных отметках от плюс 51,5 до -80 м, значительная часть отложений комплекса находится в зоне отрицательных температур (в зоне распространения реликтовых ММП). Водоупорная часть комплекса представлена глинами, суглинками Мощность водоупорной части от 5 до 40 м. Песчаная обводненная часть залегает как в верхней части отложений комплекса, так и в толще глин и суглинков, в виде линз и слоев мощностью от 5,0 до 20,0 м. Вскрытая мощность отложений комплекса достигает 50 м.

Воды комплекса поровые, напорные. Величина напора достигает 84,05 – 125,6 м. Статический уровень устанавливается на глубине до 45 м. Коэффициент фильтрации составляет от 0,28 до 0,4 м/сут. Коэффициент водопроводимости составляет 2,6 7,13 м^2/сут. Дебит скважин составляет от 0,32 л/с до 2,7 л/с при понижениях на 45,10-41,95 м.

Состав воды гидрокарбонатный натриевый, гидрокарбонатный кальциево-натриевый при минерализации 0,5-0,6 г/дм^3. Воды слабощелочные (pH=8,0-8,48), по степени жесткости мягкие (1,84-1,96 мг-экв/дм^3) и жесткие (6,6 мг-экв/дм^3).

Питание и разгрузка комплекса затруднены. Ресурсы пополняются частично, за счет фильтрации из вышележащих и перетока из нижележащих горизонтов. Разгрузка происходит в долинах крупных рек. Свидетельство тому инверсия в долине реки.

Подземные воды комплекса защищены от поверхностного загрязнения, по качеству соответствуют требованиям ГОСТа 2874-82 «Вода питьевая», однако, промороженность отложений снизу затрудняет использование комплекса как дополнительный источник при организации хозяйственно-питьевого водоснабжения [49].

Таблица 2.2. 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	Голоцен						a,laIII-H	Верхненеоплейстоцен-голоценовый аллювиальный, озерно-аллювиальный водоносный горизонт	до 25	Разнозернистые пески, супеси, суглинки
	Плейстоцен P	Неоплейстоцен NP	Верхнее III	III_4	Ненецкий	Полярный				
				III_3		Бызовский				
				III_2		Лайский	lg,fII_6-III	Средне (6 ступень) - верхненеоплейстоценовый озерно-ледниковый, флювиогляциальный водоносный горизонт	1 - 30	Супеси, суглинки, пески, супеси с галькой и валунами
				III_1		Сулинский				
			Среднее II	II_6	Тимано-Уральский	Вычегодский				
				II_5		Родионовский	gII_{4-6}	Средненеоплейстоценовый (4-6 ступень) ледниковый относительно водоупорный горизонт	30 - 90	Супеси, суглинки с прослоями песков и глин с включениями гравия и гальки
				II_4		Печорский				
				II_3		Чирвинский	laII_{1-3}	Средненеоплейстоценовый (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	Нижненеоплейстоценовый (8 ступень) ледниковый относительно водоупорный горизонт	до 50	Супеси, глины, алевриты, линзы песков и галечников
				I_7		Вишерский				
				I_6		Березовский				
				I_5		Тумский				
				I_4						
				I_3						
				I_2		Камский				
				I_1						
		Эоплейстоцен E	Верхнее II							
			Нижнее I							
		?								
ДОЧЕТВЕРТИЧНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ										

3. Оценка прогнозных ресурсов

Прогнозные ресурсы подземных вод отдельно для Усинского района раннее не оценивались, выполнялась оценка ресурсов для всей Республики Коми и Печорского артезианского бассейна. 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 питанию подземных вод внимания практически не уделялось. 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. Боревским, Л.С. Язвиным, Л.А. Субботиным и др.) в рамках работы по оценке обеспеченности всей территории России подземными водами питьевого и хозяйственно-бытового назначения [24,25]. 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/дм^3, особо охраняемые территории, территории с проблематичностью создания санитарных зон. В дальнейшем метод оценки прогнозных ресурсов нашел продолжение в работе по созданию комплекта гидрогеологических карт Печорского артезианского бассейна масштаба 1:1 000 000, выполненной в 2017 г. ФГУП “ВСЕГИНГЕО” под руководством Р.И. Плотниковой. В работе подробно изучены ресурсы подземных вод с минерализацией до 1 г/дм^3 с учетом геокриологических условий территории. 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 [12].

В ранее выполненных работах оцененные прогнозные ресурсы подземных вод отражают общую обеспеченность территории (субъектов, гидрогеологических структур) водными ресурсами. Расчет прогнозных ресурсов выполнялся при условии одновременной длительной эксплуатации водозаборных сооружений, расположенных по сетке, между которыми формируются водоразделы, где градиенты потока равны нулю [26,24]. Согласно [16] оцененные ресурсы следует относить к категориям P_2 и P_3.

В условиях нарастающего ухудшения качества поверхностных вод в Усинском районе, а также развитием нефтедобычи, кондиционные пресные подземные воды позволят существенно повысить водообеспеченность района. В предлагаемой работе изучаются

“перспективные” прогнозные ресурсы подземных вод по категории P_1, т.е. на участках, уже имеющих соответствующую инфраструктуру, находящихся непосредственно рядом с водопотребителем. Согласно [16] 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 прогнозных 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, которому раннее практически не уделялось внимания. 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. В работе учтены материалы по 111 разведочно-эксплуатационным, поисковым и картировочным скважинам. Полученные результаты находятся в хорошем соответствии с результатами предыдущих исследований, дополняя их.

3.1. Моделирование геофильтрации и численный метод

В рамках исследования оценка ресурсов подземных вод выполнена по категории P_1 на участках месторождений подземных вод. Оценка прогнозных ресурсов категории P_1 основана на результатах геологических, гидрогеологических, гидрохимических, гидрометрических работ и исследований в районах разведанных и оцененных месторождений [16].

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 прогнозных 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 искомых 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 [20] и [21] для задач в неоднородно-слоистых пластах. В приближении Мятиева-Гиринского движение воды описывается уравнениями (1):

$$\begin{cases} \mu \dfrac{\partial h}{\partial t} = Q_{vert} + R \\ \mu^* \dfrac{\partial H}{\partial t} = \dfrac{\partial}{\partial x}\left(T \dfrac{\partial H}{\partial x}\right) + \dfrac{\partial}{\partial y}\left(T \dfrac{\partial H}{\partial y}\right) - Q_{vert} + q_{well} + q_{riv} \end{cases} \quad (1)$$

где μ, μ^* – коэффициент гравитационной и упругой емкости; T – проводимость проницаемого изотропного слоя в горизонтальном направлении; Q_{vert} – поток подземных вод из напорного горизонта в безнапорный; R – инфильтрационное питание; q_{well} и q_{riv} – интенсивность поступления воды в горизонт из скважин и рек в расчете на единицу площади (в случае водоотбора из скважин величина q_{well} отрицательна). Поток подземных вод из напорного горизонта в безнапорный задается соотношением (2):

$$Q_{vert} = k_0 \frac{H - h}{m_0} \quad (2)$$

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 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 (1). В этом случае $Q_{vert}= -R$, и задача сводится к одному уравнению относительно напора $H(x,y)$:

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(T\frac{\partial H}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(T\frac{\partial H}{\partial y}\right)-Q_{vert}+q_{well}+q_{riv}=0 \quad (3)$$

а соотношение (2) может использоваться при необходимости для определения оставшейся искомой функции $h(x,y)$ и/или для уточнения значений параметров. Исходная нестационарная форма уравнений (1) позволяет исследовать вопросы устойчивости и стабилизации решений при переменных по времени условиях в различных практических задачах (см., например, [22], [19], [34]).

Уравнение (3) следует дополнить краевыми условиями и соотношениями, связывающими источниковые члены q_{riv} и q_{well} с искомой функцией $H(x,y)$. В качестве последних принимаются формулы:

$$q_{riv}=T_{riv}(H_{riv}-H) \quad (4)$$

и

$$q_{well}=T(H_{well}-H) \quad (5)$$

где H_{riv} и H_{well} – уровни воды в реке и скважине соответственно, а T_{riv} и T – эмпирические коэффициенты, нормируемые на единицу площади.

Отметим, что форма уравнения (1) с выражениями (4) и (5) подразумевает, что при численных решениях задач размер расчетных ячеек должен быть больше ширины реки и характерного размера воронки депрессии около скважины.

Порядок коэффициента T_{riv} определяется интегральной вертикальной проводимостью подрусловых отложений. Последняя оценивается по типу этих отложений со значительным произволом. Поэтому при практических расчетах величину T_{riv} имеет смысл определять в процессе калибровки модели. Коэффициент T зависит от горизонтальной проводимости пласта, от конструкционных особенностей скважины, а также может содержать поправки, связанные с конечными размерами ячейки и положением скважины в ней. 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 (3) строилось в программной системе “ModTech” (© ЗАО “Геолинк Консалтинг”, 2008) и осуществлено на основе метода конечных разностей (т.е. метода сеток).

3.2. Геофильтрационная схематизация

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.

Основным критерием при выборе шага сетки являлась 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 [5] (на востоке – р. Большая Макариха; на юго-востоке и юге – р. Уса; на юго-западе – р. Печора; на западе – р. Лая) и граничным условием I-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 [5], заданные по водотокам и скважинам.

После определения внешних границ общая площадь модели составила 5815.8 км^2, 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.

3.3. Формирование модели

На следующем этапе модельная база была наполнена необходимой достаточной информацией – параметрами. После определения численного метода необходимыми параметрами для решения задачи являются: инфильтрационное питание, проводимость чирвинского водоносного горизонта и интегральная проводимость подрусловых отложений. Основные данные для построения модели были получены при использовании компьютерной картографической и фактографической базы данных.

Картографическая часть базы включает топографические, геологические, структурные и другие карты масштабов 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000 и 1:1 000 000.

Фактографическая часть базы содержит:

- 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 опытно-фильтрационного опробования, материалы по условиям лицензирования и т.д.

Параметр инфильтрационного питания задан по ландшафтному признаку, для этого использована информация при региональных исследованиях всего Печорского артезианского бассейна. В результате определено 5 типов ландшафтов на исследуемой территории: лес с зоной аэрации, представленной супесями; лес с зоной аэрации, представленной суглинками; речные долины с зоной аэрации, представленной супесями и песками; зона распространения ММП с поверхности; селитебные территории. Каждому ландшафту присвоены значения интенсивности инфильтрационного питания подземных вод, исходя из условия, что величина инфильтрационного питания составляет от 1% до 30% от среднегодовой суммы осадков, поступающих на поверхность на незастроенных территориях, минус среднегодовое испарение с поверхности (при этом градация инфильтрационного питания напрямую зависит от растительности на ландшафте и состава зоны аэрации), и до 50% – на застроенных, за счет дополнительного питания – утечек. В зоне распространения поверхностной мерзлоты значение присвоено – 0. Соответственно, рассмотрен диапазон от $9.2*10^{-6}$ до $2.8*10^{-4}$ м/сут на незастроенных территориях и до $4.6*10^{-4}$ м/сут для селитебных зон. Стоит отметить, что при определении значения параметра был принят ряд допущений: типизация условий формирования инфильтрационного питания рассмотрена по одному признаку – ландшафтному; 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 раннее 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 $м^2$/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. По данным [8] 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.

3.4. 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, инфильтрационного питания, 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 единовременно 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 [6].

Исходя из этого, доверительный интервал принят равным 10% от перепада напоров по всей моделируемой области [32]. 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 измеренных и расчетных значений 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. 3.1, табл. 3.1).

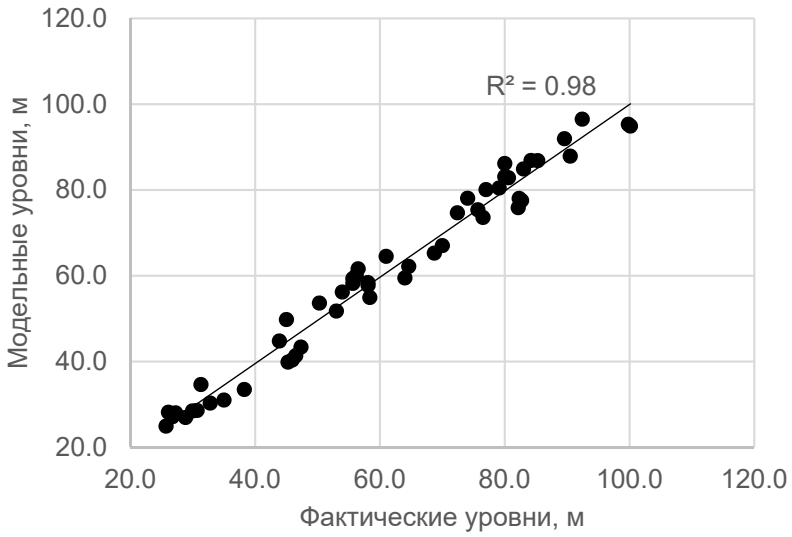


Рис. 3.1. Соотношение между модельными и фактическими уровнями подземных вод чирвинского водоносного горизонта (обратная задача на 2016 год)

Величина инфильтрационного питания составила для лесного ландшафта, сложенного, преимущественно, суглинками – $2.5*10^{-5}$ 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. 3.2). Полученные значения инфильтрационного питания для Усинского района не противоречат предшествующим региональным оценкам – на уровне 20–40 мм/год [27,28].

Интегральная величина проводимости подрусловых отложений составила для: малых рек – 250 $м^2$/сут; верхнего течения средних рек – 500 $м^2$/сут; среднего и нижнего течения средних рек – 1000 $м^2$/сут; крупных рек (р. Уса и р. Печора) – 2000 $м^2$/сут (рис. 3.3).

Величина проводимости чирвинского водоносного горизонта составила: в пределах внемерзлотной части исследуемой территории – 60 $м^2$/сут; в 2 раза меньше в пределах, где чирвинский водоносный горизонт частично проморожен – 30 $м^2$/сут; в пределах речных долин – 100 $м^2$/сут (рис. 3.4).

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. 3.5). 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 инфильтрационного питания – 42% (табл. 3.2).

Таблица 3.1. Соотношение между модельными и фактическими уровнями подземных вод (обратная задача на 2016 год)

Блоки		Уровни, м		Невязка, м
X	Y	Фактические	Модельные	
111	19	35.00	31.00	4.00
130	23	30.70	28.56	2.14
63	26	25.70	24.92	0.78
65	26	26.74	27.13	-0.39
64	27	26.10	28.17	-2.07
141	27	32.80	30.30	2.50
63	28	27.26	27.99	-0.73
120	30	50.29	53.61	-3.32
162	30	38.25	33.45	4.80
104	31	47.33	43.33	4.00
117	31	51.80	55.35	-3.55
117	32	56.75	56.93	-0.18
118	34	55.65	59.31	-3.66
139	34	47.46	47.70	-0.24
120	35	54.05	56.74	-2.69
131	35	45.25	39.84	5.41
115	36	58.37	54.91	3.46
120	36	57.00	56.27	0.73
61	37	28.84	26.93	1.91
118	37	58.07	58.38	-0.31
130	37	43.98	39.83	4.15
133	37	47.73	44.59	3.14
62	38	29.95	28.46	1.49
117	38	58.10	57.76	0.34
129	40	46.79	40.45	6.34
126	41	46.30	44.94	1.36
130	42	46.50	42.93	3.57
145	47	66.77	62.66	4.11
146	47	61.28	62.65	-1.37
129	57	62.70	59.84	2.86
140	57	70.00	67.00	3.00
109	62	61.00	64.50	-3.50
101	65	43.87	44.77	-0.90
127	65	82.15	75.85	6.30
100	66	45.94	40.33	5.61
126	66	74.04	78.04	-4.00
91	82	46.50	41.35	5.15
87	88	53.02	51.75	1.27
134	94	100.14	94.86	5.28

Блоки		Уровни, м		Невязка, м
X	Y	Фактические	Модельные	
136	94	99.80	95.28	4.52
92	111	31.30	34.63	-3.33
162	112	72.40	74.67	-2.27
167	113	68.70	65.24	3.46
154	114	90.50	87.87	2.63
168	115	64.60	62.15	2.45
35	118	45.00	49.76	-4.76
130	119	63.55	61.43	2.12
135	119	68.24	66.74	1.50
130	120	64.00	59.48	4.52
173	120	56.40	50.15	6.25
130	122	64.00	58.26	5.74
164	126	80.48	74.78	5.70
163	127	82.70	77.51	5.19
163	128	82.30	78.00	4.30
34	129	53.95	56.16	-2.21
35	129	55.64	58.18	-2.54
36	129	56.20	59.98	-3.78
37	129	56.50	61.58	-5.08
162	129	79.10	80.43	-1.33
135	130	70.20	64.04	6.16
137	132	68.75	64.13	4.62
154	132	92.41	96.50	-4.09
138	133	67.60	63.18	4.42
139	134	70.00	66.54	3.46
140	134	75.00	69.19	5.81
141	135	75.00	72.31	2.69
154	136	89.56	91.92	-2.36
77	143	60.90	56.49	4.41
147	144	84.20	86.86	-2.66
157	147	85.28	86.80	-1.52
129	148	44.00	49.13	-5.13
157	150	80.00	86.16	-6.16
145	152	76.50	73.57	2.93
155	154	80.00	83.10	-3.10
148	155	75.70	75.38	0.32
159	155	83.00	84.87	-1.87
155	159	77.00	80.07	-3.07
158	160	80.60	82.84	-2.24

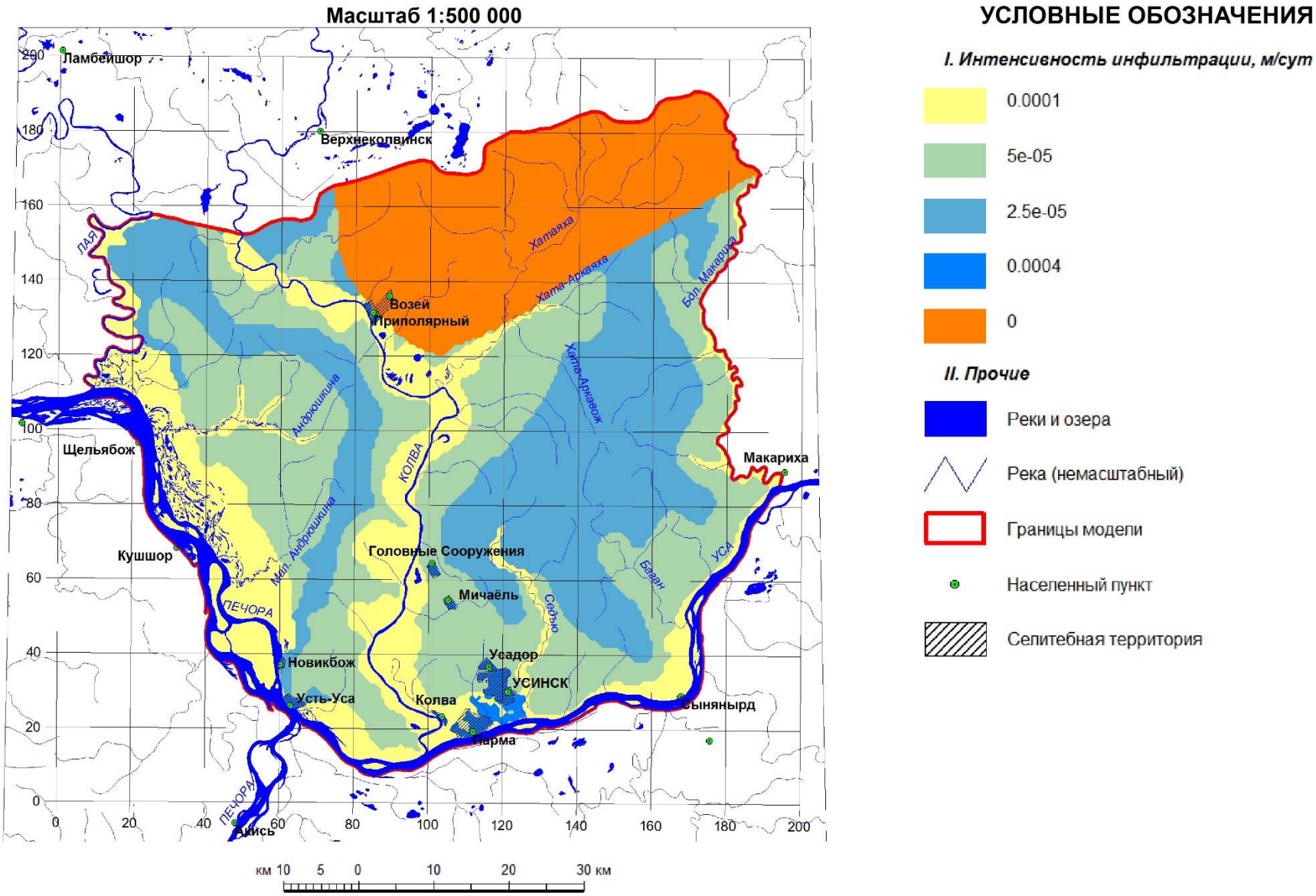


Рис. 3.2. Модельная карта инфильтрационного питания

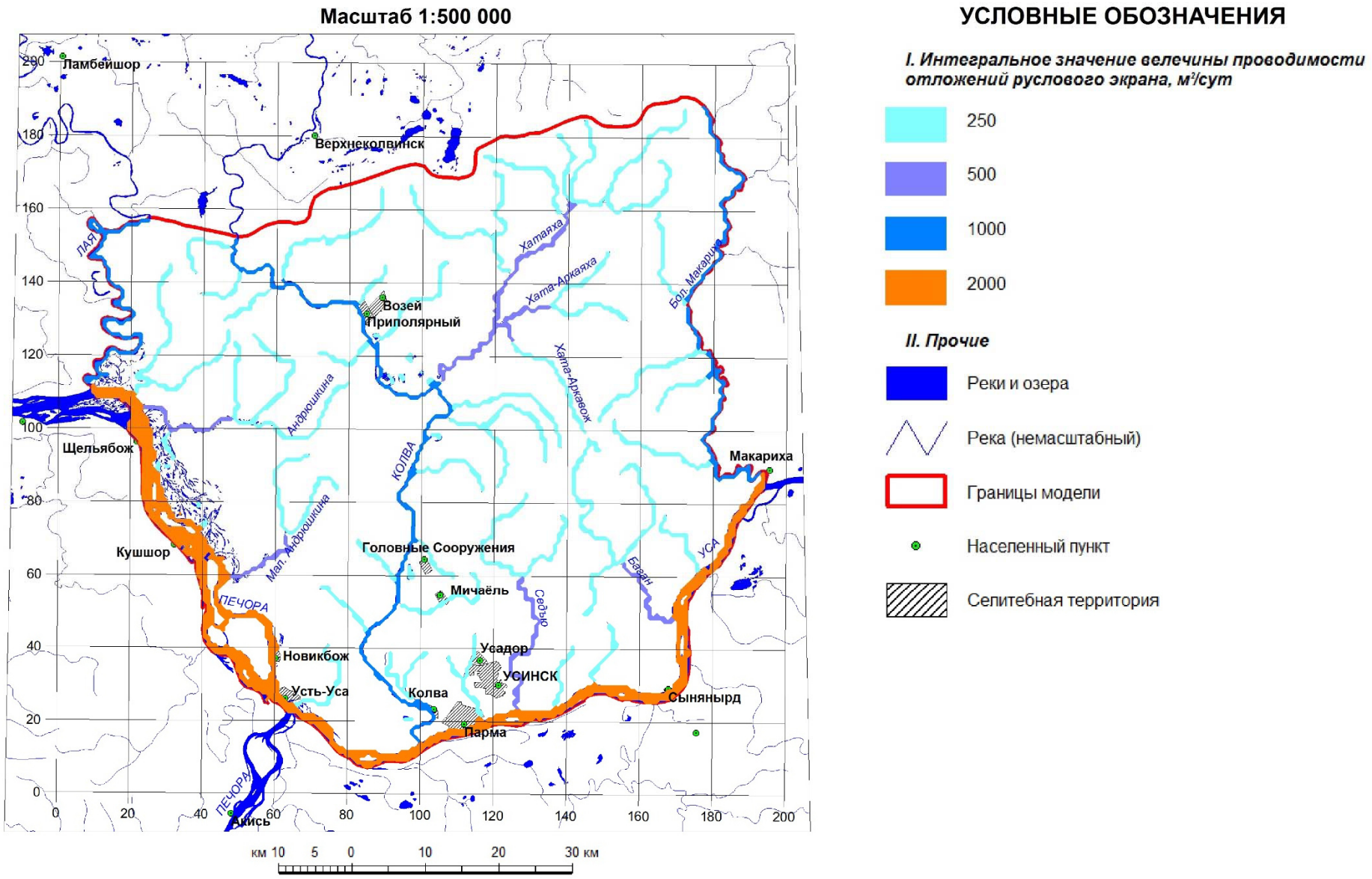


Рис. 3.3. Модельная карта проводимости подрусловых отложений

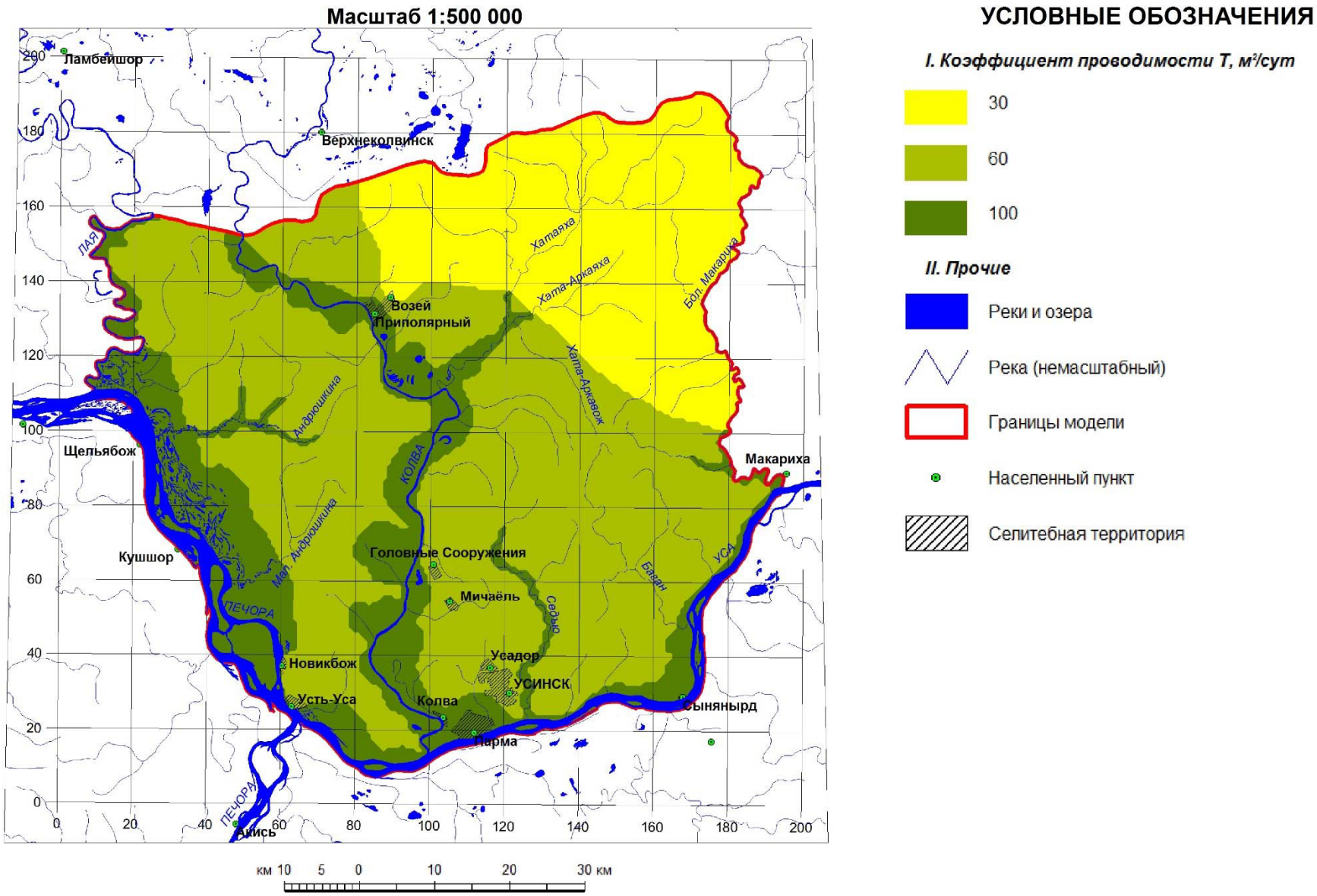


Рис. 3.4. Модельная карта проводимости чирвинского водоносного горизонта

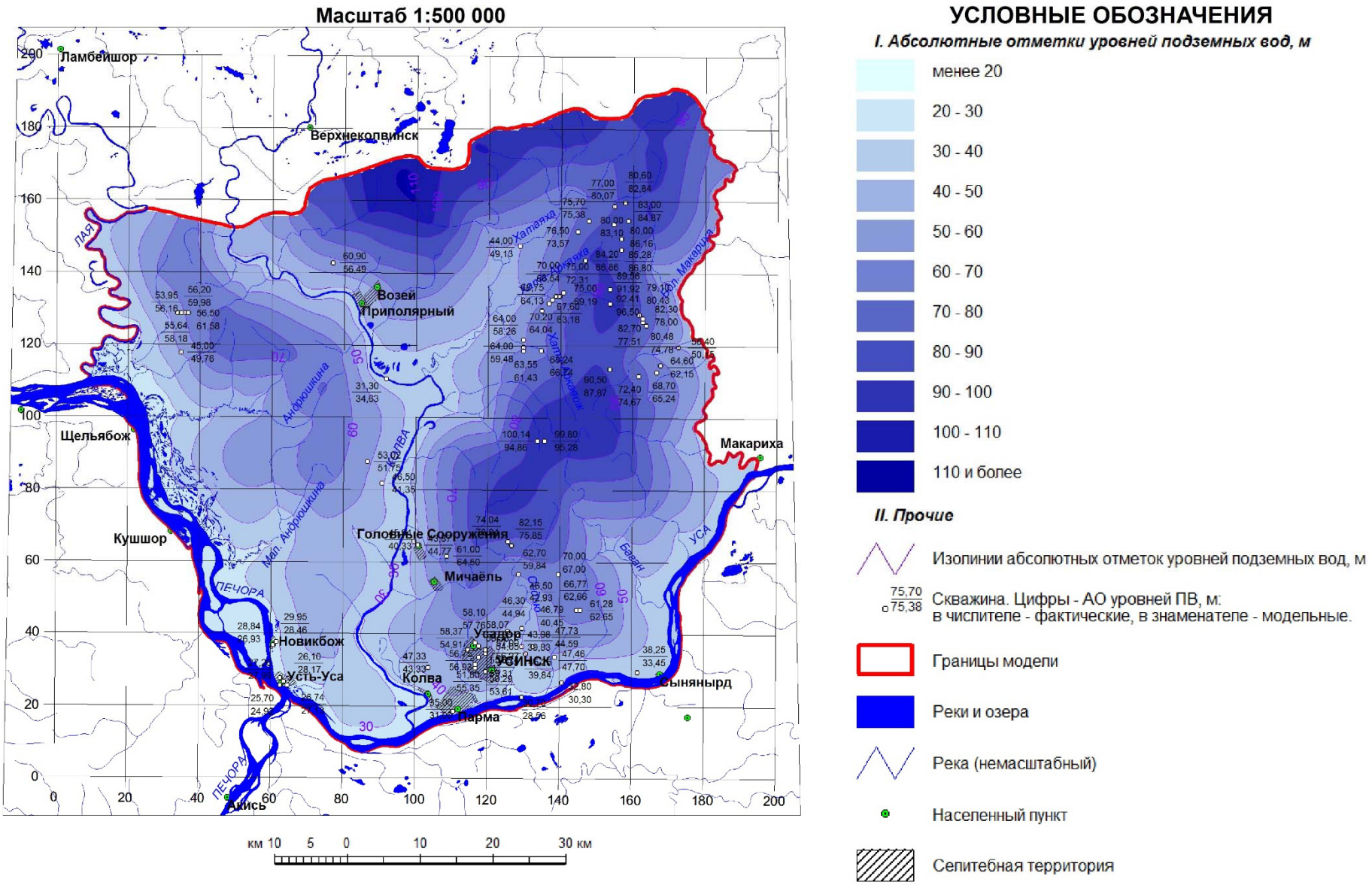


Рис. 3.5. Модельная карта уровней чирвинского водоносного горизонта (обратная задача)

3.5. 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 м^3/сут.

Сценарий 2. Максимальный возможный водоотбор на всех месторождениях распределенного фонда недр и оценка прогнозных ресурсов категории P_1.

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 м^3/сут.

На разведанных участках 20 мелких месторождений распределенного фонда недр организован водоотбор равный утвержденным запасам в полном объеме (5771.6 м^3/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%); инфильтрационного питания – 41%; водоотбора скважинами – 1% (табл. 3.2). 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%.

Таблица 3.2. 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, %
Поступление							
Инфильтрационное питание	289162	289162	0	-	289162	0	-
Приток из рек	58800	59876	1076	18.6	91511	32711	41.6
Расходование							
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**

По результатам моделирования были построены карты модельные карты: абсолютных уровней подземных вод чирвинского водоносного горизонта (рис. 3.6) и изменений уровней подземных вод чирвинского водоносного горизонта по отношению к модельным уровням обратной задачи (рис. 3.7).

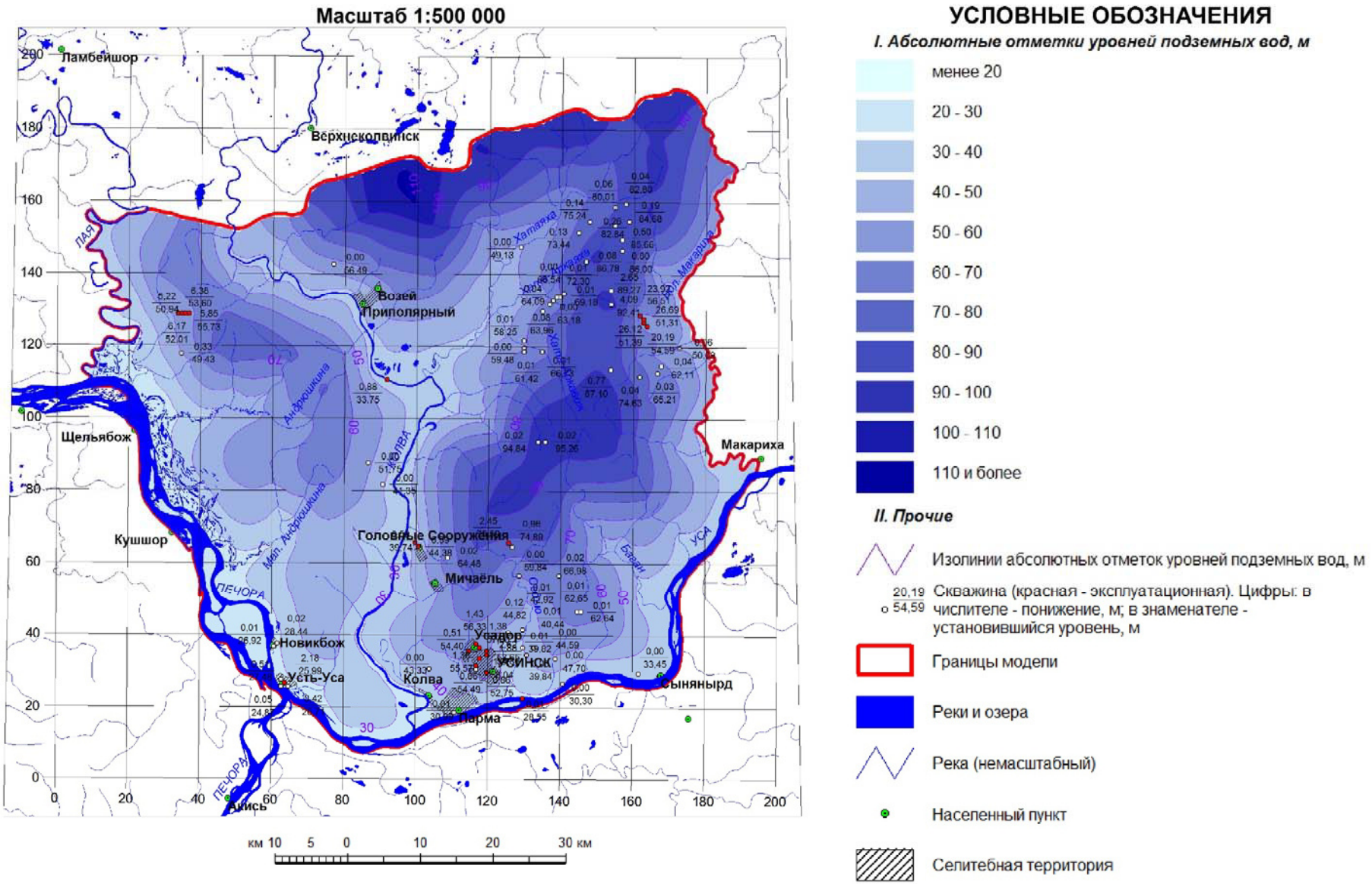


Рис. 3.6. Модельная карта уровней чирвинского водоносного горизонта (сценарий 1)

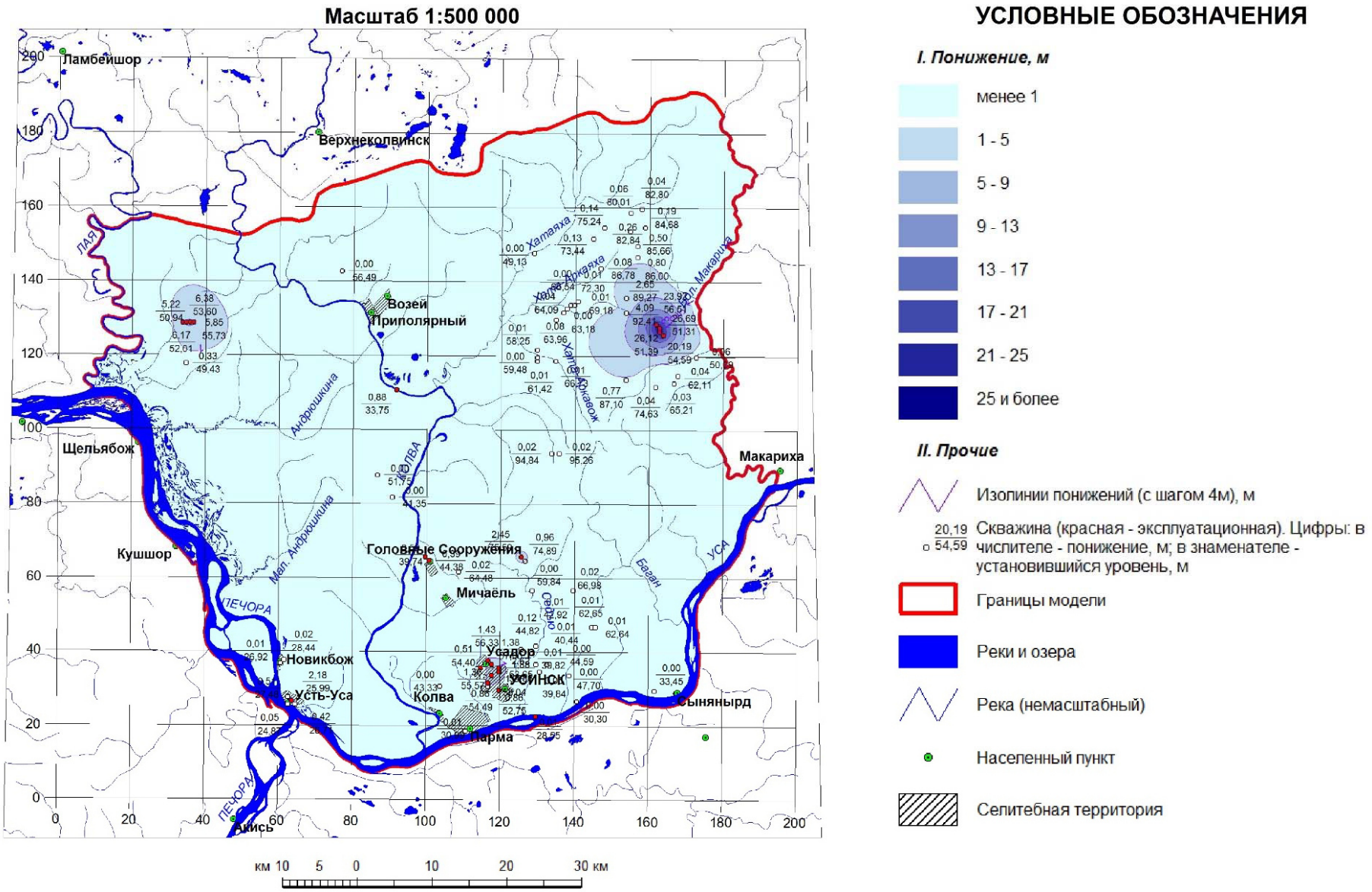


Рис. 3.7. Модельная карта изменений уровней чирвинского водоносного горизонта (сценарий 1)

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 P_1. 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 P_1 при сохранении заданных ограничений.

Стоит отметить, что запасы на Верхнеседьюском МППВ и Мастерьельском 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=const);
- задание абсолютной отметки кровли водоносного горизонта в блоках с эксплуатируемыми скважинами и получение распределения расходов в этих узлах (H=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 $м^3$/сут. Таким образом, прогнозные ресурсы категории P_1 на этих участках составляют 72873.4 $м^3$/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%); инфильтрационного питания – 38%; водоотбора скважинами – 10% (табл. 3.2). 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 карты модельные карты: абсолютных уровней подземных вод чирвинского водоносного горизонта (рис. 3.8) и изменений уровней подземных вод чирвинского водоносного горизонта по отношению к модельным уровням обратной задачи (рис. 3.9).

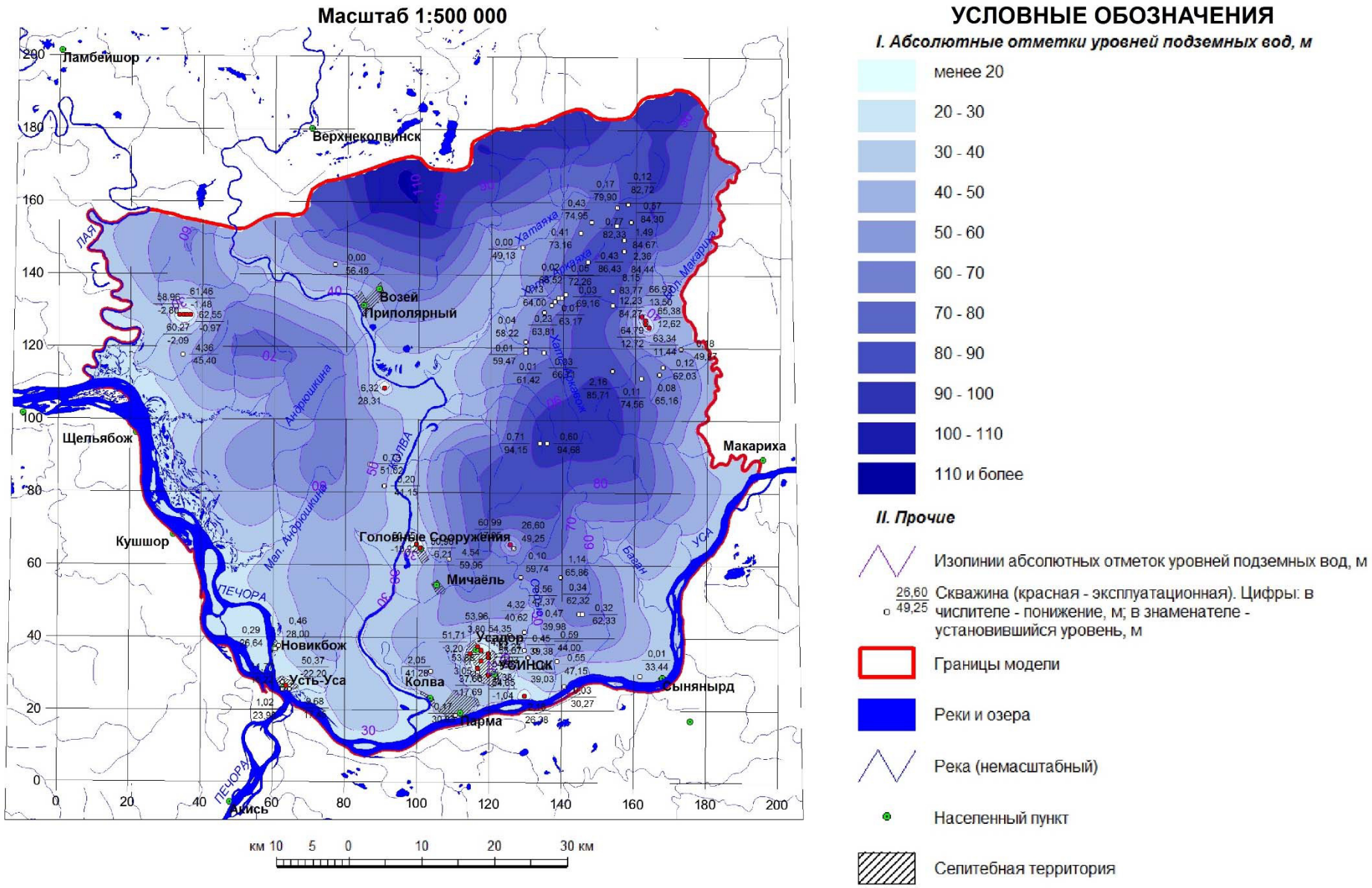


Рис. 3.8. Модельная карта уровней чирвинского водоносного горизонта (сценарий 2)

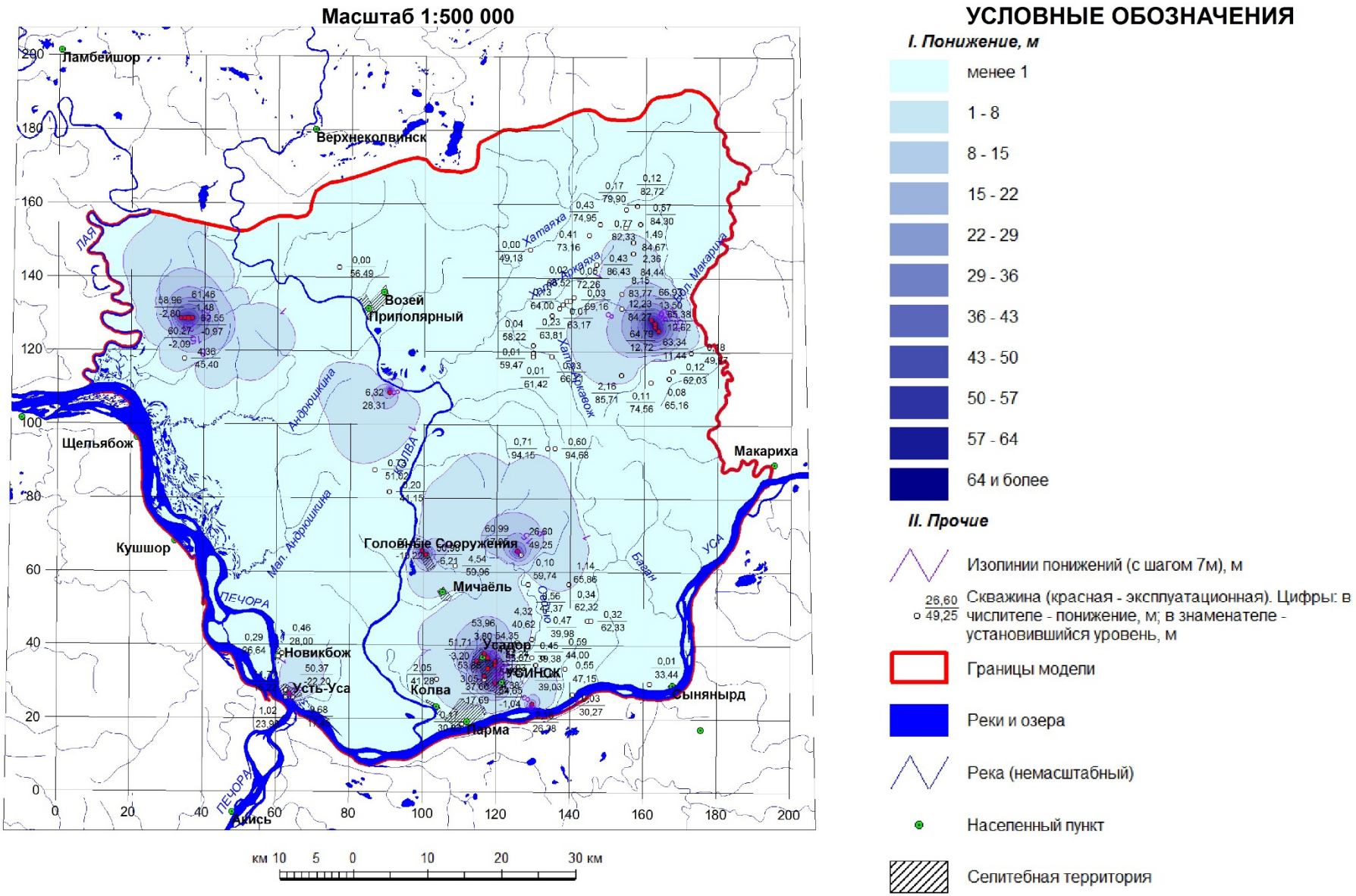


Рис. 3.9. Модельная карта изменений уровней чирвинского водоносного горизонта (сценарий 2)

3.6. Оценка ущерба речному стоку

Оценка ущерба речному стоку выполнена при максимально возможном водоотборе на 20 мелких месторождений распределенного фонда недр (сценарий 2 – 78645 м^3/сут). При этом максимальный ущерб стоку в пределах речного бассейна не должен превышать 80% (при условии, что подземный сток в реки рассчитан по наиболее жесткому критерию обеспеченности 95% наименьших средних за 30 суток в период зимней межени), в практике эта величина возвратных вод, т.е. максимальный региональный ущерб речному стоку (за счет безвозвратных потерь – в основном, испарения) составляет не более 20%.

Под влиянием прогнозного водоотбора сокращается разгрузка подземных вод в речную сеть, а также увеличивается приток из рек. В табл. 3.3 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 среднемноголетнего 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. Седъю, по которым имеются фактические данные о меженном стоке 95% обеспеченности. Эти бассейны являются достаточно представительными, поскольку имеют большую площадь водосбора (более 300 км^2), а также в них наблюдается максимальное изменение стока при модельном водоотборе. Ущерб в других реках в разы меньше, чем в р. Седъю, которая является аналогом для средних рек: р. Баган, р. Малая Андрюшкина и др. Ущерб стока на р. Колва составил менее 1%, на р. Седъю – 46%.

Таблица 3.3. Ущерб речному стоку при максимальном водоотборе

Речной бассейн	Площадь бассейна, км^2	Изменение стока (сценарий 2)	Расход 95%	Ущерб речному стоку, %
		тыс. м^3/сут		
Колва	2414.0	37.3	4838.4	**0.8**
Седъю	322.7	24.8	53.6	**46.3**

Приведенные данные сравнения меженного 95 % обеспеченного стока и данных по изменению стока при прогнозном водоотборе позволяют сделать вывод о том, что ущерб стоку не значителен и находится в пределах допустимого. Таким образом, увеличение водоотбора на территории района не приведет к заметным изменениям сложившегося на настоящее время баланса подземных вод.

Заключение

В результате выполненной работы были изучены геологические и гидрогеологические условия территории исследований.

На основе анализа картографического фонда и фактографической базы данных были решены следующие задачи:

- схематизация, которая заключается в определении: граничных условий, временной и пространственной структуры, параметров моделируемого объекта;
- формирование структуры базы модели с использованием средств GEOLINK;
- заполнение модельной базы необходимым и достаточным набором информации - параметрами;
- калибровка исходной модели посредством решения серии обратных задач;
- оценка источников формирования эксплуатационных запасов;
- оценка ресурсного потенциала Усинского района.

В результате работы получена детальная модель адекватная природно-техногенной обстановке, которая может применяться для решения прогнозных задач.

В работе были исследованы геологические и гидрогеологические условия восточной части Печорского артезианского бассейна, построена математическая геофильтрационная модель, с помощью которой оценены прогнозные ресурсы категории P_1 в объеме 72873.4 $м^3$/сут для перспективной потребности развивающегося городского округа Усинск и основные источники формирования баланса подземных вод.

Решение прогнозной задачи на модели показало, что на уже разведанных участках месторождений распределенного фонда недр возможно наращивание запасов в 13.6 раз по сравнению с утвержденными. Таким образом, суммарный водоотбор в 78645 $м^3$/сут (при утвержденных запасах на месторождениях распределенного фонда недр – 5771.6 $м^3$/сут) может рассматриваться для перспективного развития региона, т.к. модельные понижения уровней оказались меньше допустимых, т.е. заявленная потребность в воде этими водозаборами надежно обеспечивается.

Оценка влияния водоотбора на окружающую среду показала, что ущерб речному стоку не значителен и находится в пределах допустимого, увеличение водоотбора на территории района не приведет к заметным изменениям сложившегося на настоящее время баланса подземных вод.

Список литературы

Опубликованная

1. Атлас Республики Коми по климату и гидрологии / ред. Братцев А. А. и Братцев А. П.. - Москва : Дрофа, 1997. - стр. 115.
2. Геокриологическая карта СССР, масштаб 1:2 500 000 / ред. Ершов Э. Д.. - Винница : Винницкая картографическая фабрика, 1997 г.. - стр. 16.
3. Геокриология СССР. Европейская территория СССР / ред. Ершов Э. Д.. - Москва : Недра, 1988. - стр. 357.
4. 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.
5. Гидрогеодинамика / авт. Шестаков В. М.. - Москва : МГУ, 1995. - 3-е издание : стр. 368.
6. Гидродинамическое и миграционное моделирование при оценке запасов подземных вод (на примере Московского региона) / Рошаль А.А., Потапова Е.Ю. // Недропользование XXI век. 2012. № 2 (33). С. 70-75.
7. Гидрогеология СССР / авт. Черный В. Г.. - Москва : Недра, 1970. - Т. XLII. Коми АССР и Ненецкий национальный округ Архангельской области РСФСР : стр. 288.
8. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Уральская серия. Лист Q-40 - Печора / авт. Водолазская В. П., Опаренкова Л. И. и Зархидзе Д. В.. - Санкт-Петербург : Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2013 г..
9. Информационные ресурсы АГИКС РК // Геопортал Республики Коми. - ГБУ РК "ТФИ РК", 2012 г.. - 2 Май 2020 г.. - http://gis.rkomi.ru/Catalog.
10. Информационный бюллетень о состоянии недр на территории Российской Федерации в 2018 г. - Вып. 42. - Тверь: Талан Групп, 2019. - 294 с., 9 вклеек
11. ИС "Учет и баланс подземных вод и лечебных грязей. - ФГУП ГНЦ РФ ВНИИгеосистем. - 20 Апрель 2020 г.. - https://water.geosys.ru/.
12. К оценке прогнозных ресурсов подземных вод / Плотникова Р.И., Лукьянчиков В.М. // Разведка и охрана недр. 2013. № 3. С. 7-10.
13. Карта мерзлотных условий нечерноземной зоны РСФСР, масштаб 1:1500000 / авт. Кудрявцев В. А. и др. - Москва : МГУ, 1984 г..
14. Карта ресурсного потенциала пресных подземных вод России. Масштаб: 1:5 000 000 / авт. Боревский Б. В. и др. / ред. Боревский Б. В., Зекцер И. С. и Язвин А. Л.. - Москва : ГИДЭК, 2013 г..

15. Карта четвертичных образований территории Российской Федерации. Масштаб 1:2 500 000 / ред. Застрожнов А. С.. - Санкт-Петербург : Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2014 г..
16. Классификация запасов и прогнозных ресурсов питьевых, технических и минеральных подземных вод. М.: МПР России. 2007.
17. Методические рекомендации по использованию материалов космофотосъемки при региональных гидрогеологических и инженерно-геологических исследованиях / авт. Бурлешин М. И. и др. / ред. Садов А. В.. - Москва : ВСЕГИНГЕО, 1982. - стр. 83.
18. Методические указания по составлению гидрогеологических карт масштабов 1:1000 000-1: 500 000 и 1:200 000-1:100 000 / авт. Альтовский М. Е.. - Москва : ГосГеолТехИздат, 1960. - стр. 52.
19. Методы теории фильтрации в задачах, возникающих при обводнении болотных массивов / Беляев А.Ю., Кричевец Г.Н., Ахметьева Н.П. // Водные ресурсы. 2018. Т. 45. № 4. С. 385-395.
20. Напорный комплекс подземных вод и колодцы / Мятиев А.Н. // Изв. АН СССР. Отделение технических наук. 1947. № 9. С. 1069-1088.
21. Некоторые вопросы динамики подземных вод / Гиринский Н.К. // В сб. ВСЕГИНГЕО «Гидрогеология и инженерная геология». 1947. № 9. С. 27-32.
22. Обработка результатов опытных откачек, проведенных в условиях двухслойной толщи / Мироненко В.А., Сердюков Л.И. // Разведка и охрана недр. 1968. № 10. С. 34-38
23. Особенности гидрогеологического расчленения плиоцен-четвертичных отложений Печорского артезианского бассейна / авт. Егоров Т. С. и Ершов В. В. // Разведка и охрана недр. - Москва : Недра-Бизнесцентр, 2015 г.. - 8. - стр. 32-36.
24. Оценка обеспеченности населения Российской Федерации ресурсами подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения (Методические рекомендации по проведению второго этапа работы) / Боревский Б.В., Язвин Л.С. - М.: ГИДЭК. 1995. 72 с.
25. Оценка прогнозных ресурсов питьевых подземных вод и обеспеченность населения России подземными водами для хозяйственно-питьевого водоснабжения / Язвин Л.С. // Разведка и охрана недр. 2003. № 10. С. 13-20.
26. Оценка эксплуатационных запасов подземных вод / авт. Биндеман Н. Н. - М.: Госгеотехиздат, 1963.
27. Подземный сток и ресурсы пресных подземных вод / Зекцер И.С. - М.: Научный мир, 2012. 374 с.
28. Подземный сток территории Центральной и Восточной Европы / Коноплянцев А. А. - М.: ВСЕГИНГЕО, 1982. 288 с.

29. Ресурсы поверхностных вод СССР / ред. Жил И. М. и Алюшинская Н. М.. - Ленинград : Гидрометеоиздат, 1972. - Т. 3. Северный край : стр. 663.
30. Роль топливного сектора субарктических районов в экономике Республики Коми / Бурый О.В., Калинина А.А., Луканичева В.П. // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2013. № 5 (29). С. 65-76.
31. СанПиН 2.1.4.1074-01. «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроля качества».
32. Теория и практика применения моделирования в гидрогеологии / авт. Гавич И. К.. - Москва : Недра, 1980. - стр. 358.
33. Экспертные оценки ресурсного потенциала подземныз вод при разработке схем комплексного использования и охраны водных ресурсов / авт. Боревский Б. В., Язвин А. Л. и Черепановский М. М. // Разведка и охрана недр. - Москва : Недра-Бизнесцентр, 2014 г.. - 5. - стр. 29-32.
34. Qualitative effects of hydraulic conductivity distribution on groundwater flow in heterogeneous soils / Belyaev A.Yu., Krichevets G.N. // Fluids. 2018. Volume 3. Issue 4. C. 102. doi: 10.3390/fluids3040102

Фондовая

35. Гидрогеологические условия и оценка запасов подземных вод среднечетвертичного чирвинского водоносного горизонта на участке расположения скважины 1Г (Полярное Сияние). ТЭК (ТКЗ) N 1. [Геологический отчет] / авт. Найшулер М. П.. - [б.м.] : ООО "Геонорд", 2005.
36. 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 [Геологический отчет] / авт. Косиненко Л. И., Власенко Е. Л. и Шашина Г. В.. - [б.м.] : ООО "Геонорд", 2012.
37. Изучение и оценка запасов подземных вод с целью организации хозяйственно-питьевого водоснабжения с. Усть-Уса (состояние работ на 01.04.2013 г.) ТКЗ № 194. [Геологический отчет] / авт. Косиненко Л. И., Власенко Е. Л. и Шашина Г. В.. - [б.м.] : ООО "Геонорд", 2013.
38. Изучение и оценка запасов подземных вод с целью организации хозяйственно-питьевого водоснабжения с. Щельябож МО ГО "Усинск" (состояние работ на 01.04.2014 г.) Лицензия СЫК 02477 ВП. Договор № 0107300022013000278-0420820-02. ТКЗ № 228. [Геологический отчет] / авт. Косиненко Л. И., Власенко Е. Л. и Рычкова В. А.. - [б.м.] : ООО "Геонорд", 2014.

39. Отчет о проведении групповой комплексной геолого-гидрогеологической съемки масштаба 1:200000 (Колвинская партия 1975-1980 гг.) в 7-ми томах [Геологический отчет] / авт. Исаев В. Н.. - 1980.
40. Отчет о проведении групповой комплексной геолого-гидрогеологической съемки м-ба 1:200.000 на листах Q-40-XIV, XIX, XX, XXI, XXII. [Геологический отчет] / авт. Символоков В. В., Найшулер М. П. и Лютоева Л. В.. - [б.м.] : Полярно-Уральское ПГО , 1990.
41. Оценка эксплуатационных запасов пресных подземных вод для технического водоснабжения объектов Северо-Мастерьельского месторождения (по состоянию на 15.10.2012 г.). Отчет по договору № КН06/12-104. СЫК 012639 НЭ. ТКЗ № 185. [Геологический отчет] / авт. Мартьянова Н. Н., Найшулер М. П. и Власенко Е. Л.. - [б.м.] : ООО "Геонорд", 2012.
42. Подсчет запасов пресных вод на Баяндыском нефтяном месторождении для хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения объектов нефтепромысла (по состоянию на 01.04.2012 г.) Протокол ТКЗ № 192. [Геологический отчет] / авт. Пронина Н. Е., Попова И. В. и Дьячкова О. И.. - [б.м.] : ООО "БРАС", 2012.
43. 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. [Геологический отчет] / авт. Шешукова Т. П. и Калиниченко О. В.. - [б.м.] : ООО "Комигеология" , 2009.
44. Поиски и разведка подземных вод для технологического водоснабжения при разработке Восточно-Возейского нефтяного месторождения по состоянию на 01.04.2011 г. Отчет по договору № ДН-154/10. Лицензия СЫК 02198 ВЭ. ТКЗ № 128. [Геологический отчет] / авт. Косиненко Л. И., Власенко Е. Л. и Рычкова В. А.. - [б.м.] : ООО "Геонорд", 2011.
45. 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. [Геологический отчет] / авт. Найшулер М. П., Косиненко Л. И. и Власенко Е. Л.. - [б.м.] : ООО "Геонорд", 2009.
46. 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. [Геологический отчет] / авт. Косиненко Л. И., Власенко Е. Л. и Рычкова В. А.. - [б.м.] : ООО "Геонорд", 2012.
47. Проведение гидрогеологических изысканий для оценки запасов подземных вод на участке водозабора ООО "Усинск-Снабсервис" по состоянию на 15.11.2013 г. Лицензия СЫК 02097

ВЭ. Договор УСС-39-2013. ТКЗ № 217. [Геологический отчет] / авт. Косиненко Л. И., Власенко Е. Л. и Чувьюров П. В.. - [б.м.] : ООО "Геонорд", 2013.

48. Проведение поисковых и разведочных работ на подземные воды для хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения объектов Площадки № 2 "Первой очереди Комплекса по подготовке и переобработки нефти и газа производительностью 1 млн. тонн сырой нефти" ООО [Геологический отчет] / авт. Найшуллер М. П., Косиненко Л. И. и Власенко Е. Л.. - [б.м.] : ООО "Геонорд", 2009.
49. 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 1:1000 000 Печорского артезианского бассейна. Объект № 2-50 /14. Отчет по Гос. контракту № АМ-02-34/15 от 20.02.14 г. [Геологический отчет] / авт. Плотникова Р. И., Челидзе Ю. Б. и Семендяева Л. В.. - Москва : ВСЕГИНГЕО, 2016.
50. Составление мерзлотно-гидрогеологической карты северной части Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции, м-б 1:500000 [Геологический отчет] / авт. Оберман Н. Г. и Прокопова М. М.. - 1980.