

На правах рукописи

Кулагина Татьяна Александровна

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ
РЕСУРСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ВЕРХНЕЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ
ЗОНЫ МИНУСИНСКОГО АДАРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА

Специальность 04.00.06 – гидрогеология

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Томск 2000

Работа выполнена в Томском политехническом университете

Научные руководители:

доктор геолого-минералогических наук, профессор Н.М. Рассказов;
кандидат геолого-минералогических наук М.Б.Букаты

Официальные оппоненты:

доктор геолого-минералогических наук, профессор Г.М.Рогов
кандидат геолого-минералогических наук, доцент Ю.В.Макушин

Ведущая организация: Томское отделение Сибирского научно-исследовательского института геологии, геофизики и минерального сырья.

Защита диссертации состоится 26 июля 2000 г. в 10 часов в 111 аудитории 1 корпуса ТПУ на заседании диссертационного совета К 063.80.08 в Томском политехническом университете по адресу: 634034, г.Томск, пр. Ленина, 30

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке Томского политехнического университета.

Автореферат разослан 23 июня 2000 г.

Ученый секретарь

Диссертационного совета

В.К.Бернатонис

Актуальность работы. Работа связана с фундаментальной проблемой формирования ресурсов пресных и солоноватых подземных вод в зоне активного водообмена адартезианских бассейнов аридной области (на примере Минусинского бассейна). В связи с неблагоприятными условиями формирования ресурсов подземных вод, а также с их неравномерным распределением по площади, ряд степных районов Хакасии испытывает острый дефицит воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Решение задач водоснабжения этих районов связано прежде всего с использованием подземных вод. Оценка перспектив их дальнейшего применения может осуществляться различными путями; детальное изучение составляющих баланса подземных вод, выяснение закономерностей формирования вод различной минерализации, гидрогеологическое районирование структур, количественная оценка прогнозных ресурсов и другие аспекты. В настоящей работе рассматривается прежде всего вопрос более детального районирования Минусинского адартезианского бассейна и оценки прогнозных ресурсов гидрогеологических подразделений низких порядков. В связи с этим предлагается выделить внутри крупных блоковых гидрогеологических структур 2-го порядка (Южно-Минусинского, Сыдо-Ербинского и Чебаково-Балахтинского) локальные бассейны пликативных структур, что позволяет более детально рассмотреть особенности движения подземных потоков и их роль в формировании ресурсов подземных вод различной минерализации, а также уточнить их ресурсы.

Объектом исследований является верхняя часть геологического разреза степных районов Хакасии.

Цель работы. Выяснение особенностей распределения и формирования естественных и прогнозных эксплуатационных ресурсов пресных и солоноватых подземных вод в верхней гидродинамической зоне Минусинского адартезианского бассейна и их количественная оценка.

Основные задачи исследований. 1) детализация условий распространения пресных подземных вод на территории Южно-Минусинского, Сыдо-Ербинского, Чебаково-Балахтинского адартезианских бассейнов, а также более мелких гидрогеологических подразделений; 2) исследование закономерностей распределения ресурсов пресных подземных вод по гидрогеологическим структурам региона; 3) выяснение условий восполнения и использования ресурсов пресных подземных вод в степной зоне Хакасии; 4) обоснование рекомендаций по постановке поисковых работ для обнаружения месторождений пресных подземных вод; 5) оценка естественных и прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод гидрогеологических структур.

Методы исследований. Анализ фактического материала и материалы собственных полевых исследований; обоснование принципов и особенностей районирования

территории в связи с оценкой прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод; выделение площадей, перспективных для формирования пресных вод; расчет ресурсов применительно к отдельным гидрогеологическим структурам с использованием программы HG (автор М.Б.Букаты), а также составление соответствующих карт.

Фактический материал. положенный в основу работы, собран автором в фондах Комитета природных ресурсов по Республике Хакасия и Минусинской гидрогеологической партии ГП «Красноярскгидрогеология». Кроме этого в работе использованы инструктивные ведомственные материалы, а также материалы из отчетов, выполненных с участием автора (1997, 1999 г.г.) по данной территории, и опубликованные работы.

Научная новизна работы. 1) Проведено более детальное, по сравнению с существующим, районирование территории сложного Минусинского бассейна на основе выделения не только блоковых, но и локальных пликативных гидрогеологических структур. 2) Выделено два основных типа разгрузки подземных вод: 1 - в постоянно существующие водотоки на участках развития разрывных тектонических нарушений и зон региональной трещиноватости коренных пород, в результате чего на большей части площади блоковых структур развиты пресные воды; 2 - в озера и временные водотоки в пределах замкнутых бассейнов грунтовых вод, находящихся в центральных частях бессточных мульдообразных пликативных структур, в пределах которых в силу замедленного стока и преобладания испарения над атмосферными осадками преимущественно развиты солоноватые и соленые воды. 3) Установлены региональные закономерности распределения и формирования эксплуатационных прогнозных ресурсов подземных вод.

Защищаемые положения. 1) При изучении распределения, формирования и оценке ресурсов подземных вод необходимо детальное гидрогеологическое районирование территории артезианских бассейнов.

2) Формирование ресурсов пресных подземных вод в степной зоне Хакасии определяется главным образом их движением по дизъюнктивным и пликативным структурам, а не только фильтрационными свойствами и минеральным составом пород, количеством атмосферных осадков, испарением и уклонами поверхности земли.

3) Чередование площадей с пресными и солеными подземными водами степной зоны Хакасии обусловлено характером распространения по площади малых гидрогеологических структур.

Практическая значимость работы. Проведенное детальное гидрогеологическое районирование с выделением не только дизъюнктивных, как это делалось ранее, но и пликативных гидрогеологических структур, оценка эксплуатационных ресурсов таких структур, построенный комплект специальных карт - позволили более объективно и

детально рассмотреть условия распределения и дать количественную оценку ресурсов подземных вод различной минерализации. С учетом полученных данных выяснены особенности восполнения и использования ресурсов пресных подземных вод в степной зоне Хакасии, установлены возможности выявления пресных подземных вод в связи с решением вопросов водоснабжения ряда населенных пунктов степной зоны.

Реализация результатов работы. Результаты диссертационной работы вошли составной частью как в коллективные опубликованные работы, так и работы автора по исследованию условий формирования, распространения ресурсов пресных подземных вод степной зоны Республики Хакасия и по детализации особенностей гидрогеологических условий площадей, перспективных для водоснабжения; они отражены также в отчетах по хоз. договорным работам (1997, 2000 г.г.) и в отчетах кафедры гидрогеологии и инженерной геологии по результатам научно-исследовательской работы профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов. Данные научных исследований были введены в учебный процесс ТПУ по дисциплине «Гидрогеология».

Апробация работы. Результаты исследований докладывались и обсуждались на XV Всероссийском совещании по подземным водам Сибири и Дальнего Востока (Тюмень, 1997), научной конференции "Актуальные вопросы геологии и географии Сибири" (Томск, 1998), региональной научно-практической конференции молодежи "Проблемы региональной экологии" (Томск, 1998), научной сессии ТПУ (Томск, 1998), Второй Международной научной конференции студентов, аспирантов и Молодых ученых имени академика М.А. Усова "Проблемы геологии и освоения недр" (Томск, 1998г), Третьем Международном научном симпозиуме студентов, аспирантов и молодых ученых имени академика М.А. Усова "Проблемы геологии и освоения недр" (Томск, 1999), IV Международном научном симпозиуме студентов, аспирантов и молодых ученых имени академика М.А. Усова "Проблемы геологии и освоения недр" (Томск, 2000), НТС Хакасприродоресурсы (1997г.), на заседаниях кафедры гидрогеологии и инженерной геологии, а также в 11 опубликованных работах.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 6 глав, заключения, списка литературы из 88 наименований; текст изложен на 137 страницах машинописного текста, содержит 12 рисунков, 23 таблицы.

Работа выполнена на кафедре гидрогеологии и инженерной геологии Томского политехнического университета под руководством доктора геолого-минералогических наук, профессора Н.М. Рассказова и доктора геолого-минералогических наук М.Б. Букаты, которым автор выражает искреннюю признательность.

Автор благодарит за значительную помощь при выполнении работы руководителя ТФ ИГНГ СО РАН профессора С.Л. Шварцева, руководство Комитета природных

ресурсов по Республике Хакасия, прежде всего начальника геологического отдела А.А. Булатова, а также начальника Минусинской гидрогеологической партии ГП «Красноярскгидрогеология» А.С. Кривошеева, г.н.с. ИГНГ СО РАН доктора г.-м.н В.С. Кусковского и к.г.-м.н. А.Ф. Сухорукову, к.г.-м.н. зав. проблемной лабораторией ТПУ Ю.Г. Копылову, сотрудников ПНИЛ гидрогеохимии ТПУ, коллектив кафедры гидрогеологии и инженерной геологии, коллектив ТФ ИГНГ СО РАН, а также к.г.-м.н. зав. кафедрой общей и исторической геологии ТПУ доцента Б.Д. Васильева.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ РЕСУРСОВ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ВЕРХНЕЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ ЗОНЫ АДАРТЕЗИАНСКИХ БАССЕЙНОВ АРИДНЫХ РЕГИОНОВ (НА ПРИМЕРЕ МИНУСИНСКОГО БАССЕЙНА)

Изучением процессов формирования и распределения ресурсов подземных вод в аридных зонах, а также разработкой методов их количественной оценки занимались многие известные исследователи. Сведения об этом излагаются в работах таких гидрогеологов как У.М. Ахмедсафин, Б.В. Боровский, И.В. Гармонов, И.К. Зайцев, Н.К. Игнатович, Г.Н. Каменский, В.А. Кирюхин, М.М. Крылов, Б.И. Куделин, А.В. Лебедев, С.Ш. Мирзаев, Н.А. Маринов, А.М. Овчинников, В.Н. Островский, Е.В. Пиннекер, Ф.П. Саваренский, А.Н. Семихатов, Ж.С. Сыдыков, Н.И. Толстихин, И.Ф. Фиделли, Н.Н. Ходжибаев, М.А. Шмидт, Л.С. Язвин. Особое внимание этими авторами уделялось районированию как основе для выделения близких по гидрогеологическим условиям территорий. В пределах последних по единым методикам затем рассчитывались прогнозные и эксплуатационные ресурсы подземных вод. В этом плане Минусинский адартезианский бассейн ранее относился исключительно к блоковому типу. Исследования авторов при более детальном рассмотрении его структуры показали, что наряду с тектоническими дизъюнктивными элементами - блоки и разрывные нарушения, здесь развиты и локальные пликативные структуры, к которым в верхней зоне приурочены как пресные, так солоноватые и соленые воды.

Ресурсы пресных подземных вод степной зоны Хакасии до 40-х годов текущего столетия регионально практически не оценивались. Частично такая оценка была выполнена в 60-е - 80-е годы при проведении гидрогеологических работ на пастбищах отгонного животноводства и в процессе государственных гидрогеологических съемок масштаба 1:200000, а также комплексных мелиоративных съемок масштаба 1:50000.

Материалы, характеризующие эти ресурсы, приведены в отчетах по результатам гидрогеологических работ и, кроме того, в сводных отчетах Минусинской гидрогеологической партии, выполненных с участием А.С.Кривошеева, В.М.Елисеева и

других ее сотрудников.

В 1996-97 г.г. прогнозные эксплуатационные ресурсы подземных вод характерной территории предварительно оценены в совместной работе трех организаций (ИГНГ СО РАН, Хакасгеолком, Красноярскгеолком) с участием автора на основе естественных ресурсов. В 1997 - 2000г.г. в совместной работе этих же организаций с участием автора произведено уточнение ресурсов подземных вод степной зоны Хакасии расчетами по методике М.Б. Букаты (1997) на основе программы HydrGeo. Они производились для конкретных схем размещения водозаборных скважин с учетом граничных условий в плане и сводятся к оценке величины понижения уровня в каждой из них на конец срока эксплуатации. Кроме того, в зависимости от полученных результатов могут быть выполнены автоматизированная оптимизация дебитов и/или размещения скважин водозабора.

Глава 2. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В первой части главы дана формулировка понятия естественных ресурсов подземных вод согласно которой естественные ресурсы - это количество воды, поступающей в водоносный горизонт в естественных условиях в результате инфильтрации атмосферных осадков, фильтрации из рек и озер, перетекания из выше- и нижележащих горизонтов, притока со смежных территорий. Рассмотрены существующие методы изучения особенностей распространения, формирования и оценки естественных ресурсов подземных вод: гидрологический, гидрометрический, гидродинамический, анализ режима эксплуатации подземных вод, балансовый, натурного моделирования, математического моделирования. Подробно рассмотрена история гидрогеологического районирования территорий.

Во второй части главы описана методика выполненных исследований. На основе структурной схемы и гидрогеологических карт нами выделены по структурно-тектоническому принципу с учетом форм рельефа локальные пликативные структуры малых порядков. В частности, в пределах развития синклинальных структур выделены бассейны подземных вод малого размера (мульды), в пределах развития антиклинальных структур, имеющих повышение в рельефе - малых гидрогеологических массивов, а также выделены переходные территории от малых гидрогеологических массивов к мульдам. Границы малых пликативных структур в плане проводились на основе высотных отметок форм рельефа, границы в разрезе – с учетом распространения гидрогеологических подразделений находящихся в верхней части геологического разреза.

Расчеты ресурсов пресных подземных вод выполнялись по программе HydrGeo (автор М.Б.Букаты). Расчеты с её помощью производятся для конкретных схем разме-

щения водозаборных скважин с учетом граничных условий в плане и сводятся к оценке величины понижения уровня » каждой из них на конец срока эксплуатации. Кроме того, в зависимости от полученных результатов могут быть выполнены автоматизированная оптимизация дебитов и/или размещения скважин водозабора.

Глава 3. ПРИРОДНЫЕ ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ РЕСУРСОВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД СТЕПНОЙ ЗОНЫ МИНУСИНСКОГО БАССЕЙНА.

Природные факторы по характеру воздействия на формирование ресурсов подземных вод обычно подразделяют (И.С. Зекцер) на две основные группы: физико-географические и геолого-гидрогеологические. Факторы первой группы обуславливают лишь потенциальную возможность восполнения подземных вод, реализация которой (степень восполнения) определяется факторами второй группы.

Характеризуемая территория относится к предгорной зоне Минусинского межгорного прогиба. По условиям формирования, размещения и направленности движения подземных вод здесь выделяются крупные гидрогеологические массивы Алтае-Саянской складчатой области (Кузнецкий Алатау, Западный и Восточный Саяны), обрамляющие межгорные адартезианские бассейны: Южно-Минусинский, Сыдо-Ербинский и Чебаково-Балахтинский.

Горноскладчатые области выделяются значительно большими значениями среднегодовых модулей подземного стока по сравнению с окружающими территориями. Модуль подземного стока в горной части региона достигает $3,8 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2$, а в степной его части снижается до $0,9 - 0,1 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2$.

Климат здесь близок к аридному. Для региона характерен дефицит влажности, приводящий к широкому развитию сухих степей. Влияние климата на формирование подземного стока проявляется в том, что распределение величин подземного стока подчиняется природно-климатической зональности. Так, в исследуемом регионе можно наблюдать картину уменьшения модулей поверхностного и подземного стока от предгорий ($2,8 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2$) к центральным частям бассейнов ($1,5 \text{ л/с} \cdot \text{км}^2$). В этом же направлении происходит уменьшение количества осадков от 600 - 400 до 390 - 210 мм/год в сочетании с увеличением испаряемости. Последнее приводит к тому, что в центральной части степи в зоне недостаточного увлажнения потенциально все количество выпавших осадков может быть израсходовано на испарение, и только благодаря сезонным особенностям распределения осадков питание подземных вод все же происходит в осенне-зимний и весенний периоды.

На общем фоне закономерного распределения подземного стока, определяемого влиянием климатических факторов и рельефа, проявляются особенности формирования

подземного стока в зависимости от гидрогеологических факторов и прежде всего состава и мощности зоны аэрации и водопроницаемости водовмещающих пород. Наиболее наглядно это влияние в районах развития интенсивно закарстованных пород, грубообломочных отложений конусов выноса, аллювиальных отложений современных и древних речных долин, где значительно увеличивается подземный сток. Так, в пределах Саяно-Алтайской горноскладчатой области на западных склонах, сложенных палеозойскими карбонатными породами, наибольшие значения среднемноголетнего модуля подземного стока достигают 5-9 л/с с км² при фоновом значении модуля от 1 до 2 л/с с км².

Локальные особенности распределения подземного стока часто обусловлены изменениями величин водопроницаемости водовмещающих пород или изменениями в проницаемости пород зоны аэрации. Наглядным примером комплексного влияния ряда факторов (геоструктурного строения, рельефа, климата, гидрогеологических условий) на закономерности формирования и распределения подземного стока горноскладчатых областей может быть Хакасия.

Распределение гидродинамических областей в основном определяется типом морфоструктур. Областями питания подземных вод являются антиклинальные структуры (гидрогеологические массивы), а разгрузка подземных вод происходит по зонам разрывных нарушений и во впадинах рельефа, имеющих синклиналичную структуру (малые бассейны).

Водообильность территории тесно связана с присутствием в ее пределах глубинных разломов. Выделяются обводненные и поглощающие разломы. Места обводненных разломов нередко обозначены выходами восходящих родников. Реки, чьи русла пересекают обводненные разрывные нарушения (участки разгрузки подземных вод), имеют высокие значения модуля подземного стока - р.Таштып - 3,8 л/с·км², р.Аскиз - 2,8 л/с·км², р.Тея - 1,8 л/с·км², в то время как остальные реки на этой территории характеризуются модулями подземного стока 0,8 - 0,9 л/с·км².

Наибольшими ресурсами подземных вод обладают аллювиальные отложения долин рек, особенно таких крупных как Енисей и Абакан.

Разгрузка подземных вод осуществляется в виде родников, в реки и в искусственные водотоки, в бессточные впадины, а также путем испарения.

Химический состав подземных вод степной зоны Хакасии подчиняется вертикальной зональности: пресные подземные воды развиты в верхней гидродинамической зоне до глубины не более 300 м, с глубиной минерализация подземных вод увеличивается. Широтная зональность состава подземного стока определяется структурно-морфологическими особенностями территории, рельефом и литологией водоносных

пород. Установлено неравномерное распределение ресурсов подземных вод по площади - модули подземного стока увеличиваются в направлении к периферийным зонам, особенно в сторону Кузнецкого Алатау и уменьшаются с приближением к центральным частям впадин. Установлено также их возрастание на участках развития зон дробления. Солоноватые воды с общей минерализацией от 1 до 5 г/дм³ распространены в основном в отрицательных формах рельефа, приуроченных к нижнепермским, каменноугольным и верхне-среднедевонским отложениям. На возвышенных частях ландшафта (в горно-таежной, горно- и предгорно-степной зонах развиты пресные подземные воды, а в равнинно-степной зоне в зависимости от рельефа развиты пресные (на возвышенностях) и солоноватые (соленые) в понижениях. Это связано с неблагоприятными условиями формирования ресурсов подземных вод и с изменением активности водообмена.

Гидрографическая сеть в регионе развита неравномерно. Воды всех рек бассейна Енисея характеризуются невысокой минерализацией: от 0.3 до 0.8 г/дм³, однако временные водотоки в пределах мульд имеют в засушливый период более высокую минерализацию. В химическом составе отмечается преобладание гидрокарбонатов кальция и магния, а в водах повышенной минерализации - сульфат- и хлорид-ионов с преобладанием натрия.

Глава 4. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕГИОНА

Заложение группы Минусинских впадин произошло в начале девона в связи с возникновением тектонических разломов большого протяжения и различных направлений, расколовших фундамент на отдельные блоки (Богданов, 1968). Образование впадин совпадает с началом формирования осадочно-вулканогенного комплекса, возраст которого относится к нижнему и первой половине среднего девона.

Описание геологического строения дано по легенде, составленной М.Л. Махлаевым и другими геологами в 1995г. Дано описание геоморфологии, тектоники и интрузивных пород.

Факторы гидрогеологических условий территории оказывают решающее значение на степень восполнения, размещения подземных вод, их химический состав и минерализацию. Дано описание гидрогеологической стратификации разреза и общая характеристика водоносных подразделений, а также описание водоносных подразделений аллювиальных четвертичных отложений.

Обводненность горных пород во многом зависит от их гидрогеологических па-

раметров, среди которых необходимо отметить мощность водовмещающих толщ, их положение в разрезе, водопроницаемость, пьезопроводность, водоотдачу. Приуроченные к ним потоки подземных вод имеют различные скорости движения, величины напора, расходов и характеристики режима. Они имеют свои особенности на площадях развития гидрогеологических массивов, в пределах периферийных и центральных частей адартезианских бассейнов, а также речных долин различных порядков.

Наибольшими средними значениями водопроницаемости ($30 - 80 \text{ м}^2/\text{сут.}$), коэффициентами пьезопроводности ($2200-5100 \text{ м}^2/\text{сут.}$), характеризуются водоносные подразделения в Южно-Минусинском адартезианском бассейне. В Чебаково-Балахтинском адартезианском бассейне значения водопроницаемости находятся в пределах $28 - 45 \text{ м}^2/\text{сут.}$, а коэффициенты пьезопроводности - $2200 \text{ м}^2/\text{сут.}$ Значительной неоднородностью величин напора отличаются подземные воды в отложениях верхнего девона (от 10 до 150м), причем наибольшие значения этого параметра обнаруживаются в наиболее крупном и орографически контрастном Южно-Минусинском бассейне.

В пределах основных адартезианских бассейнов аллювиальные отложения приурочены к долинам рек, где они слагают пойму и надпойменные террасы. Подземные воды приурочены главным образом к песчано-гравийным и галечниковым отложениям. На отдельных участках (междуречье р.Енисей и Абакан, р.Абакан и Бея) современные поймы и террасы врезаны в песчано-галечниковые отложения древних долин, образуя единый водоносный горизонт.

Аллювиальные отложения обладают, как правило, хорошими фильтрационными свойствами, коэффициенты фильтрации, в зависимости от состава водовмещающих пород, меняются от 2-10 до 20-100, и редко выше $100 \text{ м}/\text{сут.}$

По характеру движения и гидравлическому признаку подземные воды аллювиальных отложений относятся к поровым, безнапорным. Местами, в связи с наличием в кровле водоносного горизонта линз водоупорных суглинков и глин, воды обладают напором (местный напор). Мощность водоносного горизонта меняется от первых метров до 10-25 м; на участках, где пойма и надпойменные террасы современных рек вложены в древнеаллювиальные четвертичные отложения, мощность возрастает до 50 м. Глубина залегания уровня подземных вод может меняться от 0.6 до 12 м; на пойме глубина залегания меньше, чем на надпойменных террасах.

Питание водоносного горизонта осуществляется в основном за счет инфильтрации атмосферных осадков, а также талых и поверхностных вод, что обеспечивается хорошей проницаемостью и практически отсутствием водоупорных перекрытий на площади развития горизонта. Низкое гипсометрическое положение водоносного горизонта обуславливает периодическое подпитывание его речными водами. Все это обеспечивает

достаточно большую обводненность горизонта. Разгрузка подземных вод происходит по долинам рек, а также в связи с неглубоким залеганием грунтовых вод испарением с уровня.

Режим водоносного горизонта определяется прежде всего климатическими условиями района и в значительной степени зависит от изменения уровней рек. В засушливое время года и зимой уровень подземных вод резко снижается, весной же во время снеготаяния и половодья, а также летом или осенью после обильных или затяжных дождей отмечается повышение уровня. Годовая амплитуда колебаний составляет 1 - 2 м.

Химический состав грунтовых вод, связанных с песчано-галечниковыми отложениями поймы и террас, однообразный. В составе вод преобладают, как правило, гидрокарбонаты кальция, реже натрия и магния, минерализация для аллювиальных вод Южно-Минусинского и Сыдо-Ербинского бассейнов не превышает $0.2-0.6 \text{ г/дм}^3$, для Чебаково-Балахтинского бассейна (с более засушливым климатом) минерализация несколько увеличивается и может превышать 1 г/дм^3 .

Глава 5. ОСОБЕННОСТИ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ МИНУСИНСКОГО АДАРТЕЗИАНСКОГО БАСЕЙНА.

Формирование ресурсов и запасов пресных подземных вод зависит в основном от двух групп факторов - геологических и климатических. Среди первых ведущая роль принадлежит геолого-структурным, контролирующим распределение подземных вод в пределах верхней зоны земной коры. Они определяют также размещение гидрогеологических структур, являющихся основой при выполнении гидрогеологического районирования соответствующих территорий. Использование геолого-структурного подхода для осуществления такого районирования рассмотрено в работах А.Н.Семихатова, Н.К.Игнатовича, И.К.Зайцева, Н.И.Толстихина, Е.В.Пиннекера, В.М.Степанова, К.П.Караванова и других авторов. Согласно взглядам этих и ряда других исследователей, подземные воды распределяются в каждой структуре в соответствии с особенностями ее состава и строения, формируя потоки, своеобразные по форме, скорости и расходу. При однотипных гидрогеологических условиях, как отмечает С.Л.Шварцев, такие структуры носят название гидрогеологических.

В центральной части Хакасии в региональном плане ВСЕГИНГЕО выделяются три адартезианских бассейна: Южно-Минусинский, Сыдо-Ербинский и Чебаково-Балахтинский. В каждом из них в соответствии с особенностями геологического строения региона и его структурных особенностей автор предлагает выделить гидрогеологические структуры более мелких порядков, среди них предлагаем обособить бассейны низких

порядков приуроченных к локальным пликативным структурам (мульдам), а также малые гидрогеологические массивы и переходные территории (см. рис., табл. 1). К массивам относятся те антиклинальные структуры, которые выражены положительными формами рельефа, а к бассейнам относятся синклинали, которые выражены отрицательными формами рельефа, т.е. структуры, которые отвечают соответствующим формам рельефа и имеют определенное гидрогеологическое значение как области питания, транзита или разгрузки.

Глава 6. ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ФОРМИРОВАНИЯ РЕСУРСОВ ПРЕСНЫХ И СОЛОНОВАТЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ВЕРХНЕЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ ЗОНЫ И ИХ ОЦЕНКА.

И.С. Зекцером и Л.С. Язвиным дана краткая характеристика общих закономерностей формирования подземного стока и естественных ресурсов подземных вод в различных природных условиях. Наиболее общие региональные закономерности формирования и распределения естественных ресурсов подземных вод и подземного стока определяется геоструктурными особенностями.

По условиям формирования подземного стока в горно-складчатых областях резко выделяются артезианские бассейны межгорных впадин. Здесь отмечается наличие всех трех гидродинамических зон с различной интенсивностью стока. В питании подземных вод таких артезианских бассейнов большое значение имеет транзитный подземный сток из окружающих горных районов.

Подземный сток формируется в трех основных вертикальных зонах. В верхних частях разреза суши выделяется зона интенсивного подземного стока, преимущественно формирующаяся под дренирующим воздействием местной гидрографической сети и озер. В аридных и полупустынных областях на формирование стока оказывает существенное влияние интенсивное испарение подземных вод в бессточных впадинах. Подземный сток этой зоны, как правило, формируется в пределах отдельных бассейнов малых и средних рек в условиях относительно свободной связи подземных вод с атмосферой и поверхностными водами и находится под воздействием кратковременных и сезонных изменений гидрометеорологических факторов. Подземный сток верхней гидродинамической зоны оказывает большое влияние на формирование водного баланса речных бассейнов.

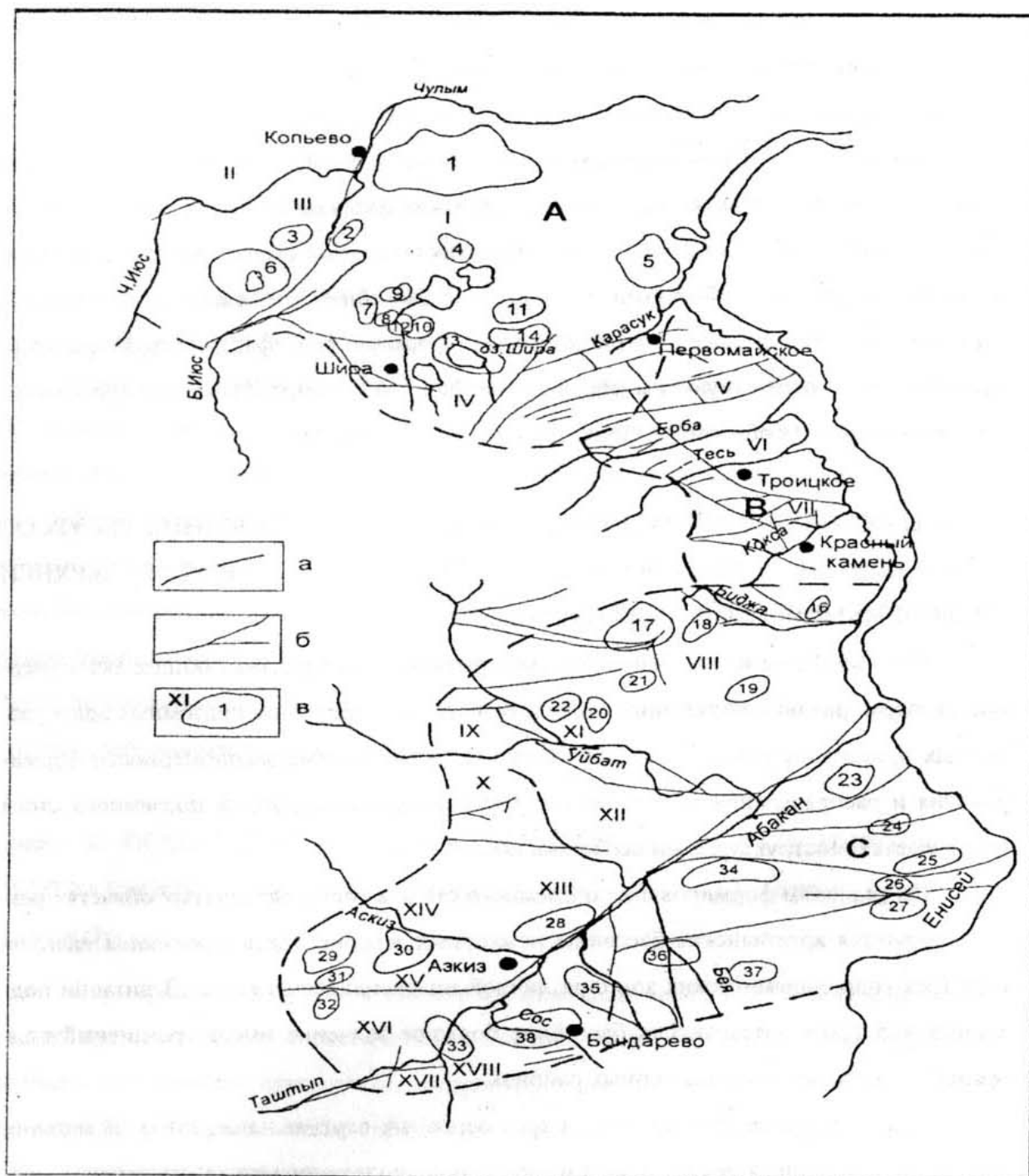


Рис. Схема расположения гидрогеологических структур и переходной территории степной зоны Хакасии. М-б 1: 2 500 000.

(Составила Т.А.Кулагина, 2000г)

а – границы адартезианских бассейнов: (А – Чебаково-Балахтинский; В – Сыдо-Ербинский; С – Южно-Минусинский); б – разрывные тектонические нарушения; в – номера гидрогеологических структур: 1 - Копьевский массив, 2 – Кобяковский бассейн, 3 - Подзаплотский массив, 4 - Тергешский (Белевский) массив, 5 - Джиримо-Карасукский бассейн, 6 – Черноозерский бассейн, 7 - Фыркальский массив, 8 – Круглинский бассейн, 9 - Тусовский (Тузский) массив, 10 – Ширинский бассейн, 11 - Солгонский массив, 12 - Иткуль-Ширинский массив, 13 - Иткуль-Ширинский бассейн мульда, 14 – Арамчанский массив, 15 – Марчелгашский массив, 16 – Биджинский массив, 17 - Кутень-Булуковский бассейн, 18 – Карасукский массив, 19 – Черногорский бассейн, 20 - Улук-Кольский массив, 21 – Ярымкольский массив, 22 - Кызыл-Кольский массив, 23 - Колягинский (Изыхский) бассейн, 24 – Алтайский массив, 25 – Алтайский бассейн, 26 - Полежаевский массив, 27 – Новомихайловский массив, 28 – Аскизский бассейн, 29 - Кызласовский бассейн, 30 - Аскизский бассейн, 31 - Лырсинский массив, 32 - Имекский бассейн, 33 - Тейский бассейн, 34 - Бейский бассейн, 35 - Бейский (Утинский) массив, 36 - Западно-Красноозерский массив, 37 – Черный массив, 38 – Табатский бассейн. I – XVIII – номера переходных структур.

Таблица 1. Гидрогеологическое районирование Минусинского адартезианского бассейна

САЯНО-АЛТАЙСКАЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СКЛАДЧАТАЯ ОБЛАСТЬ											
МИНУСИНСКИЙ МЕЖГОРНЫЙ АДАРТЕЗИАНСКИЙ БАСЕЙН 1-ГО ПОРЯДКА											
Адартезианские бассейны 2 -го порядка											
Гидрогеологические массивы 2-го порядка (Батеневский кряж, хребты Азыр-Тал, Саксыр, Косинский, Кирса, Джанский)	Южно-Минусинский			Сыдо-Ербишский			Чебаково-Балахтинский				
	Гидрогеологические структуры низких порядков										
	Локальные бассейны	Переходные территории	Малые гидрогеологические массивы	Речные Долины	Переходные территории	Малые гидрогеологические массивы	Речные долины	Локальные бассейны	Переходные территории	Малые гидрогеологические массивы	Речные долины
	Улень-улуковский ерногорский зыхский лтайский скизский Ызласовский мекский ейский ейский абатский	арасукский лух-Кольский рымкольский ызыл-Кольский лтайский олежаевский овомихайловский скизский ырсинский ейский ападно-расноозерский ерный	иджинский нисейский Абаканский р.Абаканский Абаканский аштыцский скизский йбатский осинский абатский ейский	иджинский нисейский Абаканский р.Абаканский Абаканский аштыцский скизский йбатский осинский абатский ейский	Ербинский Тесинский	Кобяковский Джиримовский Карасукский Черноозерский Круглинский Ширинский Иткуль-Ширинский	Копьевский Подзаплотский Белевский Фыркальский Тусовский Солгонский Иткуль-Ширинский Арамчаковский Марчелгапский	Чулымский Б.Июский Ч.Июский Туимский Сонский Карасукский			

Выделены автором; * выделены В.С.Кусковым

Оценка ресурсов пресных подземных вод проведена по программе HydrGeo (автор М.Б.Букаты). При оценке ресурсов пресных подземных вод на водораздельных участках для каждой отдельной скважины определялся радиус влияния. Расчетное время действия водозабора принималось равным 10 тыс. суток. По величине радиуса влияния рассчитывалась площадь круга, который *заменялся* квадратом с площадью, равной площади круга. Весь участок разбивался на подобные квадратные блоки, в центре каждого из которых размещалась одна условная эксплуатационная скважина. Параметры водоносного горизонта (мощность, допустимое понижение, коэффициент фильтрации, пьезопроводность) задавались в соответствии с разделом 4. При расчете границы для каждого блока считались непроницаемыми, за исключением тех моментов, когда они совпадают с существующими водотоками; в этом случае они заменялись границами с постоянным напором.

Расчет ресурсов пресных подземных вод в долинах рек проводился для непрерывного ряда скважин вдоль всей долины. Поскольку расчетный радиус влияния во всех случаях был менее 0,5 км, прогнозные эксплуатационные ресурсы каждой из скважин непрерывного ряда принимались равными максимально допустимому дебиту в центральной скважине условного расчетного водозабора длиной 1 км. Скважины ряда во всех случаях располагались через 100 м. Линейный модуль соответствует ресурсам, приходящимся на водозабор длиной 1 км, в котором расход в каждой скважине равен расходу центральной скважины. Полученные значения линейного модуля эксплуатационных запасов распространялись на весь участок с подобными фильтрационными свойствами пород.

Ресурсы пресных подземных вод верхней зоны мелких адартезианских структур степной зоны составляют порядка 155 тыс. м³/сут. Причем в Южно-Минусинском адартезианском бассейне они составляют 109.4 тыс. м³/сут.: от 1 тыс. м³/сут (Алтайская мульта) до 34.2 тыс. м³/сут в Бейской синклинали; в Чебаково-Балахтинском - колеблются от 6.2 тыс. м³/сут в Джиримо-Карасукской мульде до 29.5 в Черноозерской мульде. Всего по бассейну ресурсы достигают 45.9 тыс. м³/сут.

Ресурсы пресных подземных вод верхней части мелких гидрогеологических массивов степной зоны составляют порядка 85 тыс. м³/сут. В Южно-Минусинском адартезианском бассейне они находятся в пределах от 0.17 тыс. м³/сут (Кызыл-Кольский выступ, равнинно-степная зона) до 6.9 тыс. м³/сут (Черная антиклиналь, горно-степная зона); всего по бассейну - 36.9 тыс. м³/сут. В Чебаково-Балахтинском адартезианском бассейне ресурсы пресных подземных вод неодинаковы в разных структурах: от 0.2 тыс.м³/сут (Иткуль-Ширинская антиклиналь, относящаяся к равнинно-степной зоне) до

33.2 тыс. м³/сут (Копьевский купол, относящийся к лесо-степной зоне); всего по бассейну ресурсы малых гидрогеологических массивов составляют 47.8 тыс. м³/сут.

Наибольшими ресурсами подземных вод обладают переходные территории: в Южно-Минусинском адартезианском бассейне ресурсы пресных подземных вод в переходных структурах составляют от 0.8 тыс. м³/сут (в районе р.Уйбат, центральная часть степной зоны) до 22.4 тыс. м³/сут (бассейны р.р. Ниня и Б.Сыр, горно-степная зона), всего по бассейну ресурсы переходных структур составляют 138.3 тыс. м³/сут. В Чебаково-Балахтинском адартезианском бассейне ресурсы пресных подземных вод в переходных структурах колеблются от 11.0 тыс. м³/сут (бассейны р.р. Харасуг и Ерба) до 56.9 тыс. м³/сут (междуречье р.р. Тесь и Биджа), всего по бассейну насчитывается 166.8 тыс. м³/сут. Ресурсы пресных подземных вод верхней части переходных структур по бассейнам составляют порядка 305 тыс. м³/сут.

Проведена оценка солоноватых подземных вод. Их запасы на территории степной зоны Хакасии за 100 лет составляют 195 тыс. м³/сут, ресурсы этих вод невелики - всего 30 тыс. м³/сут.

Результаты, полученные с использованием программы М.Б. Букаты, свидетельствуют о том, что основные ресурсы пресных подземных вод (около 80%) заключены в аллювиальных отложениях долин рек (2 525 тыс.м³/сут.) и сосредоточены в основном в Южно-Минусинском адартезианском бассейне (1924 тыс.м³/сут.) (табл. 2). По участкам ресурсы меняются в очень широких пределах - от 3 до 1 143 тыс. м³/сут.

В пределах выделенных гидрогеологических структур и долин рек выделены перспективные участки и даны рекомендации по размещению водозаборов и их возможной производительности.

Таблица 2. Прогнозные ресурсы пресных подземных вод гидрогеологических

Основные структуры (адартезианский бассейн)	Прогнозные ресурсы малых гидрогеологических бассейнов, тыс. м ³ /сут.	Прогнозные ресурсы малых гидрогеологических массивов, тыс. м ³ /сут.	Прогнозные ресурсы переходных структур, тыс. м ³ /сут.	Прогнозные ресурсы аллювиальных отложений в долинах рек тыс. м ³ /сут
Южно-Минусинский	109	37	138	1 924
Сыдо-Ербинский	-	1	34	32
Чебаково-Балахтинский	46	47	133	569
Итого:	155	85	305	2 525

Широтная зональность модуля подземного стока, определяется природной зоной, структурно-геоморфологическими особенностями территории, рельефом и литологией водоносных пород. Установлено неравномерное распределение ресурсов подземных вод по площади - модули увеличиваются в направлении к периферийным зонам, особенно в сторону Кузнецкого Алатау (горно- и лесостепная зоны) и уменьшаются с приближением к центральным частям впадин (табл. 3).

Таблица 3. Прогнозные эксплуатационные ресурсы различных природных зон центральной части Хакасии.

Природные условия	Модуль подземного стока	Ресурсы пресных подземных вод, м ³ /сут.с км ²
горно-степная зона	0.9-1.0	69 – 95 (78)
Лесостепная	0.8-0.9	60-95 (78)
Равнинно-степная	0.2	9-21 (15)
Центральная часть равнинно-степной зоны	0.1	9-17 (13)

Центральную часть степной зоны Хакасии можно отнести к автохтонному типу формирования подземного стока. Согласно В.Н. Островскому (1991) при автохтонном подтипе подземные воды формируются за счет водных ресурсов аридной зоны. Сюда можно отнести территории, распространенные в степной части; периферия степной зоны (горно- и лесостепная часть) - является предгорьем и может быть отнесена к аллохтонному подтипу, который характеризуется формированием подземных вод за счет не только водно-энергетических ресурсов аридной зоны, но и поступлением с прилегающих к ним горных массивов Кузнецкого Алатау, Западного и Восточного Саян. Водообмен между гумидной (гидрогеологические массивы) и аридной (степь) зонами осуществляется путем поверхностного стока, а также по зонам крупных разломов в долинах рек. В аридной зоне поверхностный сток в значительной мере преобразуется в подземный.

Автор связывает основные закономерности формирования ресурсов подземных вод и их минерализацию с движением этих вод по дизъюнктивным и пликативным структурам. Выделено два основных типа разгрузки подземных вод: 1 - в постоянно существующие водотоки на участках развития разрывных тектонических нарушений и зон региональной трещиноватости коренных пород, в результате чего на большей части площади блоковых структур развиты пресные воды; 2 - в озера и временные водотоки в

пределах замкнутых бассейнов грунтовых вод, находящихся в центральных частях бессточных мульдообразных пликативных структур, в пределах которых в силу замедленного стока и преобладания испарения над атмосферными осадками преимущественно развиты солоноватые и соленые воды.

Выяснено, что солоноватые воды с общей минерализацией от 1 до 5 г/дм³ распространены в основном в отрицательных формах рельефа, приуроченных нижнепермским, каменноугольным и верхне-среднедевонским отложениям. На возвышенных частях ландшафта (в горно-таежной, горно- и предгорно-степной зонах развиты пресные подземные воды; а в равнинно-степной зоне в зависимости от рельефа развиты пресные (на возвышенностях) и солоноватые (соленые) в понижениях. Это связано с неблагоприятными условиями формирования ресурсов подземных вод. Распространение вод с повышенной минерализацией в мульдообразных структурах связано также, по мнению автора, с интенсивностью водообмена.

В целом основные закономерности формирования подземных вод здесь сводятся к следующему:

- 1) Распределение гидродинамических областей подземных вод в основном определяется типом морфоструктур. Областями питания подземных вод являются антиклинальные структуры (мелкие гидрогеологические массивы), а разгрузка подземных вод происходит во впадинах рельефа, имеющих синклинальное строение (малые бассейны).
- 2) Разгрузка подземных вод осуществляется в виде родников, в реки и в искусственные водотоки, в бессточные впадины, а также путем испарения.
- 3) Отрицательные мульдообразные структуры в степной зоне являются фактором формирования подземных вод с повышенной минерализацией, т.е. чередование площадей с пресными и солеными водами в степной зоне обусловлено гидрогеологическими структурами и связано с особенностями их транзита и разгрузки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрение проблемы формирования ресурсов в верхней зоне адартезианских бассейнов показало, что они более обосновано могут быть охарактеризованы на основе выделения различных типов гидрогеологических структур. В частности, в Минусинском адартезианском бассейне проведено более детальное гидрогеологическое районирование с выделением не только дизъюнктивных, как это делалось ранее, но и пликативных структур. С учетом последних более целенаправленно были оценены эксплуатационные ресурсы верхней гидродинамической зоны, т.е. ресурсы блоковых и пликативных гидрогеологических структур. Это позволило также объективно рассмотреть особенности условий формирования ресурсов подземных вод различной минерализации и

сформулировать следующие основные выводы:

1. Наибольшее количество ресурсов подземных вод приурочено к Южно-Минусинскому адартезианскому бассейну.
2. Установлено неравномерное распределение ресурсов подземных вод по площади - модули подземного стока увеличиваются в направлении к периферийным зонам, особенно в сторону Кузнецкого Алатау и уменьшаются с приближением к центральным частям впадин. Установлено также их возрастание на участках развития зон дробления.
3. Минимальными ресурсами обладают структуры, расположенные в центральной части степной зоны, максимальными - в горно- и лесостепной зонах.
4. Наибольшими ресурсами обладают переходные территории, особенно в местах развития обводненных разрывных нарушений.
5. Модули подземного стока уменьшается от периферии к центру (от низкогорья до центральных впадин) от 0.9 до 0.1 л/с с км². в соответствии с уменьшением в этом направлении количества выпадающих атмосферных осадков и увеличением испаряемости.
6. В пределах предгорных равнин наиболее перспективны подземные воды четвертичных отложений. Основные ресурсы пресных вод приурочены к аллювиальным отложениям долин рек и составляют 80% от общего значения ресурсов подземных вод степной зоны.
7. Распределение пресных и солоноватых грунтовых вод на водоразделах зависит от форм рельефа и от гидравлической взаимосвязи с реками и озерами. Ресурсы пресных и солоноватых подземных вод распространены в соотношении 12:1 (93 и 7 %% соответственно), а по площади их соотношение составляет 3:1 (75 и 25 % соответственно). Наибольшее количество среди соленых вод (60%) сосредоточено в Чебаково-Балахтинском адартезианском бассейне.
8. Формирование минерализации подземных вод связано с такими факторами, как: природная зона, климат, рельеф и тип гидрогеологической структуры.
9. Основной источник формирования подземных вод - приток грунтовых вод по речным долинам из верховий рек, где осадки в горной местности преобладают над испарением, приток вод по зонам нарушений, поступление вод в осенний и весенний периоды. Качество подземных вод здесь быстро ухудшается по мере движения к бессточным впадинам. Подземные воды в больших количествах расходуются на испарение в бессточных впадинах.
10. Формирование ресурсов напрямую связано с интенсивностью водообмена. В блоках, сильно разбитых трещинами, в зонах разрывных нарушениях, на склонах гидрогеологических массивов идет более интенсивный водообмен в связи с движением вод от областей питания к областям разгрузки. В пликативных отрицательных структурах (мульды, впадины) по направлению к центральным частям интенсивность водообмена

постепенно уменьшается и при довольно значительном испарении, которое становится основным фактором разгрузки. Минерализация воды начинает расти, что приводит к накоплению в этих отрицательных структурах грунтовых вод повышенной минерализации.

11. Имеются населенные пункты, расположенные в степной зоне, где водоносные горизонты содержат необходимые запасы пресной воды, но т.к. нет гидравлической связи с рекой, восполнение осуществляется только за счет атмосферных осадков и ресурсы уменьшаются, не успевая восполняться. Здесь со временем может произойти замещение пресных вод солеными.

Согласно подсчету ресурсов пресных подземных вод предлагаем разместить на площади степной части Хакасии прогнозную сеть водозаборов различной производительности. Необходимо, согласно прогнозным ресурсам, провести гидрогеологические работы с подсчетом запасов подземных вод.

Для обоснования конкретных участков расположения водозаборов, эксплуатирующих пресные подземные воды, необходимо проведение дополнительных детализационных исследований. Основной их задачей должна быть оценка прогнозных ресурсов с использованием уточненных значений модулей подземного стока, параметров водоносных комплексов, зон и горизонтов, а также путем выполнения математического моделирования. На основе применения последнего необходимо более детально оценить прогнозные ресурсы междуречных территорий, а также прогнозировать их восполнение на ряде конкретных водозаборов в степной зоне Хакасии.

Основные положения диссертации изложены в работах:

1. Ресурсы пресных подземных вод степной зоны Хакасии. //Материалы XV Всероссийского совещания по подземным водам Сибири и Дальнего Востока. -Тюмень, 1997, с. 11-12. (Соавторы Н.М.Рассказов, В.С.Кусковский, А.С. Кривошеев, В.М.Елисеев, А.А.Булатов, А.Ф.Сухорукова).
2. Основные факторы формирования ресурсов пресных подземных вод в степной зоне Хакасии. //Материалы научной конференции, посвященной 120-летию основания Томского Государственного университета. Том 4. - Томск, 1998, с. 191-193. (Соавтор Н.М.Рассказов).
3. Пресные подземные воды центральной части Республики Хакасия. //География и природные ресурсы, 1998, №4, с. 92 - 98. (Соавторы Н.М. Рассказов, В.С.Кусковский, А.С. Кривошеев, В.М.Елисеев, А.А.Булатов, А.Ф.Сухорукова).

4. Особенности распространения ресурсов пресных подземных вод в степной зоне Хакасии. //Материалы докладов Второй Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых им. академика М.А. Усова. Часть I. - Томск, 1998, с.- 128.
5. Ресурсы пресных подземных вод степных районов республики Хакасия.//Водные ресурсы, 1999, том 26, №2, с. 143 - 148. (Соавторы Н.М.Рассказов, В.С.Кусковский, А.С.Кривошеев, А.А.Булатов, А.Ф.Сухорукова).
6. Ресурсы и особенности использования пресных и солоноватых подземных вод в степной зоне Хакасии.//Обской вестник, 1999, №3-4, с. 91-96.
7. Закономерности распределения ресурсов подземных вод в верхней части геологического разреза степных районов Хакасии.// Труды Третьего Международного им. академика М.А.Усова научного симпозиума студентов, аспирантов и молодых ученых. Томск, 1999, с. 101-102.
8. Особенности распространения и оценки солоноватых вод степной зоны Хакасии.//Материалы I региональной научно-практической конференции молодежи «Проблемы региональной экологии» (Томск, 1998). Выпуск б. Новосибирск, изд-во СО РАН, 2000, с. 76-77.
9. Оценка ресурсов подземных вод верхней гидродинамической зоны центральной части Хакасии с использованием структурного районирования. // Закономерности распределения ресурсов подземных вод в верхней части геологического разреза степных районов Хакасии.// Труды IV Международного им. академика М.А.Усова научного симпозиума студентов, аспирантов и молодых ученых. Томск, 2000. (в печати).
10. Особенности формирования ресурсов подземных вод в верхней гидродинамической зоне Минусинского адартезианского бассейна. //Материалы докладов научной конференции «Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов на рубеже 3-го тысячелетия». Томск, 2000. (Соавторы Н.М.Рассказов, В.С.Кусковский, М.Б.Букаты) (в печати).
11. Особенности гидрогеологического районирования центральной части Хакасии в связи с оценкой ресурсов подземных вод. //Материалы докладов региональной конференции геологов Сибири, Дальнего Востока и Северо-Востока России «III Века горно-геологической службы России, (в печати).