

На правах рукописи

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'В.И. -', is located in the upper right quadrant of the page.

**ФОРМИРОВАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД
В ОСАДОЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ МЕЗОЗОЙСКИХ ВПАДИН
ЗАПАДНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ**

Специальность 25.00.07. Гидрогеология

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Улан-Удэ, 2004

Работа выполнена в Геологическом институте Сибирского отделения РАН

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук,
профессор
Писарский Борис Иосифович

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук
Кулаков Валерий Викторович

кандидат геолого-минералогических наук
Диденков Юрий Николаевич

Ведущая организация: Государственное унитарное предприятие
Территориальный центр "Бурятгеомониторинг"

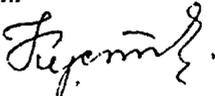
Защита диссертации состоится 3 марта 2004 года в 9 часов на заседании диссертационного совета Д 003.022.01 при Институте земной коры СО РАН по адресу: 664033, Иркутск, ул.Лермонтова, 128.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Иркутского научного центра СО РАН в здании Института земной коры СО РАН.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью учреждения, просьба направлять по вышеуказанному адресу ученому секретарю **к.г.-м.н. Кустову Ю.И.**

E-mail: kustov@crust.irk.ru fax: (3952)426900

Автореферат разослан: «25» января 2004 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
кандидат геолого-минералогических наук  : 0 в Ю.И.
1

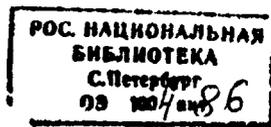
Введение

Актуальность исследований. Работа связана с важнейшей социальной проблемой - обеспечение населения ресурсами подземных вод хозяйственно-питьевого назначения. На территории Республики Бурятия разведанные эксплуатационные запасы пресных подземных вод составляют 1293,6 тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$, но подавляющая их часть (85%) размещается в аллювиальных отложениях р. Селенги и ее крупных притоков. В удалении от крупных речных долин условия хозяйственно-питьевого водоснабжения существенно осложнены, в связи с неблагоприятными природными условиями формирования ресурсов пресных подземных вод, либо недостаточной их изученностью. Эта проблема особенно актуальна для межгорных впадин Западного Забайкалья, где расположены экономические районы с высокой концентрацией населения, промышленности и объектов сельского хозяйства и, в то же время, возможности формирования месторождений пресных подземных вод (МППВ) в них ограничены вследствие аридности климата, неравномерного распределения речного стока, геологоструктурных особенностей реализации подземного стока. За период 1960-94 годов в мезозойских осадочных отложениях для различных целей разведано 15 МППВ, эксплуатационные запасы которых утверждены ТКЗ в количестве от 2 до 18,2 тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$. Гидрогеологические условия этих МППВ очень сложные, вопросы формирования их ресурсов и состава подземных вод разработаны слабо, вследствие чего на месторождениях часто не достигается конечная цель разведочных работ - достоверная оценка эксплуатационных запасов подземных вод (ЭЗПВ) и прогноз их качества на расчетный срок водопотребления. Научно-теоретическая разработка этих вопросов и типизация МППВ предстает важной и актуальной задачей совершенствования методов разведки и оценки эксплуатационных запасов подземных вод в мезозойских впадинах, повышения гидрогеологической и экономической эффективности разведочных работ.

Цель исследований. Установить закономерности формирования и размещения МППВ в осадочных отложениях межгорных впадин Западного Забайкалья, выяснить причины ухудшения качества подземных вод на месторождениях, разработать типизацию этих месторождений.

Задачи исследований.

1. Выявить факторы, определяющие закономерности- формирования и локализации МППВ в осадочных отложениях мезозойских впадин Западного Забайкалья.
2. Установить гидрогеохимические особенности, основные факторы и процессы формирования состава подземных вод на месторождениях.



3. Определить граничные условия и источники формирования эксплуатационных запасов подземных вод, рациональные методы разведки месторождений и подготовки их к эксплуатации.

Методы исследований. Анализ и обобщение фактического материала, полученного в процессе поисков и разведки МППВ, в Тугнуйской, Гусиноозерской и Иволгинской межгорных впадинах, сравнительная оценка геологических, гидрогеологических и гидрогеохимических особенностей этих месторождений.

Научная новизна работы. В диссертационной работе впервые исследованы закономерности формирования и размещения МППВ в осадочных отложениях мезозойских впадин Западного Забайкалья с позиций современных представлений об условиях и характере развития разломов Байкальской горно-складчатой области, формирования и преобразования водно-коллекторских свойств горных пород, в зависимости от физико-географических и других факторов. Теоретически обоснован и выделен тип МППВ в ограниченных по площади структурах или блоках водообильных пород на участках речных долин. Впервые на этой территории выявлена роль разломов в формировании гидрогеохимических условий МППВ на основе результатов картирования пьезометрической поверхности подземных вод, их минерализации, концентрации отдельных элементов в подземных водах и других показателей.

Защищаемые положения.

1. Месторождения пресных подземных вод в осадочных отложениях мезозойских впадин Западного Забайкалья связаны с водоносными горизонтами ограниченного площадного распространения на участках речных долин, заложенных по зонам поперечных разломов растяжения. Границы МППВ обычно представлены блоками слабопроницаемых осадочных пород между речных пространств и центральных частей впадин.

2. Тип пласта-коллектора и его мощность зависят от литологического состава пород, их прочности к механическим воздействиям, устойчивости к агрессивному влиянию подземных вод. В условиях неоднородного строения осадочных отложений формируются сложнослоистые напорные водоносные горизонты трещинного или порово-трещинного типа, эксплуатационные запасы подземных вод в них определяются характером перекрывающих отложений и степенью гидравлической связи между напорными, грунтовыми и поверхностными водами. При благоприятных условиях взаимосвязи подземных и поверхностных вод, привлекаемые ресурсы могут обеспечивать до 40% общего количества ЭЗПВ.

3. На формирование и преобразование состава подземных вод верхней гидродинамической зоны мезозойских впадин и локализацию в них МППВ большое влияние оказывают разрывные нарушения. Сложные гидрогеохимические обстановки, в которых происходит ухудшение качества питьевых вод, создаются на участках разломов, выводящих воды специфического состава, сформированные в особых условиях зон древних региональных разломов и глубоких горизонтов зоны замедленного водообмена.

Практическая значимость работы. Установленные закономерности формирования и размещения МППВ в осадочных отложениях межгорных впадин Западного Забайкалья дают возможность выделять перспективные участки для постановки разведочных работ. Предложенная типизация МППВ определяет граничные условия продуктивных водоносных горизонтов и тем самым позволяет обосновать рациональный комплекс гидрогеологических работ на стадии предварительной и детальной разведки. Выявленные особенности восполнения запасов подземных вод за счет привлечения транзитного речного стока определяют необходимость изучения гидрологического режима горных рек, как неотъемлемую часть методики проведения разведочных работ.

Методические разработки и конкретные рекомендации использованы при оценке МППВ "Ельник" в Гусиноозерской впадине, а также в работе "Оценка обеспеченности населения Республики Бурятия ресурсами подземных вод для хозяйственно-питьевого водоснабжения".

Апробация работы. Основные положения диссертации доложены на XVI Всероссийском совещании по подземным водам Востока России (Иркутск, 2000), научной конференции "Природные ресурсы Забайкалья и проблемы природопользования" (Чита, 2001), годовых сессиях ГИН СО РАН (2000-2003 гг.). По теме диссертации опубликованы 4 работы.

Объем работы. Диссертация состоит из 5 глав, введения, заключения, содержит 212 страниц текста, 8 таблиц, 35 иллюстраций. В списке литературы 121 источник.

Исходные материалы и личный вклад автора в решение проблемы. В основу диссертации положен фактический материал, собранный в 1981-2000 гг. в результате поисковых и разведочных работ на территории Западного Забайкалья, проведенных при непосредственном участии автора или под его руководством. Используются также фондовые материалы разведки МППВ, проводившейся подразделениями ПГО "Бурятгеология" в период 1960-80 гг.

Диссертационная работа выполнена в лаборатории эколого-гидрогеологических исследований ГИН СО РАН под руководством

доктора геолого-минералогических наук, профессора Б.И.Писарского, которому автор выражает искреннюю признательность.

На протяжении всего периода работы, автор пользовался консультациями д.г.-м.н. А.М.Плюснина. большую помощь и содействие оказывал зам. директора ГИН к.г.-м.н. Г.И.Татьков. На разных этапах работы внимание и поддержку оказывал директор ГИН д.г.-м.н. А.Г.Мионов, много полезной информации принесли беседы и консультации с И.Н.Резановым, А.А.Адушиновым, Л.В.Заманой, Н.Л.Мельничуком. Большую практическую помощь, при проведении исследований оказывали коллеги-гидрогеологи Бурайтии С.С.Приходько, А.Т.Афанасьев, Л.Б.Кислицина, Л.С.Котова и другие. Всем названным лицам автор выражает глубокую благодарность.

1. Состояние изученности и использования пресных подъемных вод межгорных впадин Западного Забайкалья

В изучение закономерностей формирования ресурсов и состава подземных вод на территории Забайкалья большой вклад внесли Е.В. Пиннекер, Б.И. Писарский, В.М. Степанов, В.Г. Ясько, И.С. Ломоносов, А.П. Хаустов, Б.М. Шенькман, Л.В. Замана, Р.Я. Колдышева, В.В. Климочкин, Н.С. Богомоллов, И.М. Борисенко, А.А. Адушинов; А.М. Плюсин и многие другие. Среди множества факторов, определяющих эти закономерности, выделяются геологоструктурные и ландшафтно-климатические. Факторы первой группы определяют тип геологической структуры, в которой образуются и размещаются подземные воды; факторы второй группы обуславливают естественные условия питания подземных вод и их разгрузки. Для Западного Забайкалья, являющегося частью Байкальской горноскладчатой области, свойственно широкое развитие гидрогеологических массивов трещинных вод и ограниченное - межгорных бассейнов пластовых вод. Межгорные бассейны характеризуются последовательной сменой гидрогеодинамических и гидрогеохимических зон в вертикальном разрезе: до глубины 100-200 м выделяется зона интенсивного водообмена (зона пресных вод), ниже располагается зона с замедленным темпом водообмена, содержащая воды сложного солевого состава с минерализацией до 5 г/дм³. МППВ размещаются в зоне интенсивного водообмена, формирование их связывается с трещинно-жильными водами зон тектонических нарушений в осадочных толщах (В.Г.Ясько, 1982), высоко проницаемых зон тектонических разрывов (межпластовые срывы вдоль литологических контактов, крутопадающие разломы) (В.М.Степанов, 1980, 1989), сквозных структур региональных разломов (И.М. Борисенко и др., 1990).

Общие закономерности локализации подземных вод, раскрывающиеся работами советских и зарубежных исследователей (Д.С. Соколов, Е.М. Смехов, М.В. Рац, С.Н. Чернышев, Е.В. Пиннекер, С. Девис, Р. де Уист и др.), предопределяются, прежде всего, пористостью (пустотностью) и водопроницаемостью горных пород. Водно-коллекторские свойства плотных пород определяются в первую очередь трещинной проницаемостью, при этом главная гидрогеологическая роль принадлежит экзогенным трещинам. Пространственные изменения степени трещиноватости пород связываются с их литологическим составом, структурно-тектоническими и геоморфологическими факторами. Наиболее распространенные закономерности - увеличение интенсивности трещиноватости пород в долинах рек и других отрицательных формах рельефа; уменьшение ее с глубиной; повышенная трещинная проницаемость песчаников и известняков в сравнении с алевритами и аргиллитами. Важным фактором пористости и водопроницаемости песчаников является степень их цементации. Эти закономерности ясно прослеживаются в мезозойских впадинах Западного Забайкалья и с ними, по нашему мнению, связаны основные особенности формирования и размещения МППВ.

Учение о месторождении пресных подземных вод, классификации промышленных типов МППВ и закономерностях их распространения, развивается в работах Н.И. Плотникова, Н.Н. Биндемана, Л.С. Язвина, Б.В. Боровского, Б.И. Писарского, М.А. Хордикайна и др. Основные положения теории фильтрации и методы гидрогеологических расчетов, заложенные в трудах Ж. Дюпюи, Ч. Тейса, Ч. Джейкоба, Н. Болтона, развиты работами Ф.М. Бочевера, Н.Н. Веригина, В.М. Шестакова, Б.В. Боровского, Б.Г. Самсонова и др. Эти работы посвящены разработке аналитических методов расчета ЭЗПВ на основе теории неустановившегося движения применительно к различным гидрогеологическим схемам.

Характеристика разведанных запасов подземных вод в мезозойских впадинах Западного Забайкалья и их использования приведена в табл. 1. Большая часть разведанных запасов не вовлечена в промышленную эксплуатацию по разным причинам, в основном, из-за осложнения экономической ситуации в республике после 1991 года и отсутствием средств на строительство водозаборных сооружений.

2. Анализ результатов разведки и оценки эксплуатационных запасов подземных вод в мезозойских впадинах Западного Забайкалья

Результаты поисков и разведки МППВ в осадочных отложениях Тугнуйской (Брянское, Эрдемское и Бомское МППВ), Иволгинской

Таблица 1

Разведанные МППВ и условия их эксплуатации

Месторождение, год утверждения запасов	Утвержденные эксплуатационные запасы ГПВ, тыс м ³ /сут				Назначение использования подземных вод	Условия эксплуатации МППВ
	Суммарные	по категориям				
		А	В	С ₁		
1 Лазовское, 1963	15,7	7,3	4,0	4,4	ХПВ и ТВ Улан-Удэнской ТЭЦ	Эксплуатировалось с 1963 по 1991 гг.
2 Моностойское, 1967	3,3	-	2,2	1,1	ХПВ г.Гусиноозерск	Не эксплуатируется
3 Кусогинское, 1978	7,3	3,3	2,3	1,7	ХПВ и ТВ Тугнуйского угольн разреза	Эксплуатируется с 1988г.
4 Хараузское, 1978	7,1	3,2	2,3	1,6	То же	Не эксплуатируется
5 Ельник, 1981	15,0	-	-	15,0	ХПВ г.Гусиноозерск	Не эксплуатируется
6 Загустайское, 1981	11,0	-	-	11,0	То же	Не эксплуатируется
7. Брянское, 1985	18,2	10,0	8,2	-	Орошение, Бомская	Не эксплуатируется
8 Эрдэмское, 1987	8,5	4,5	2,6	1,4	ОС	Не эксплуатируется
9 Бомское, 1985	10,4	4,0	6,3	-	То же	Не эксплуатируется
10 Красноярское, 1989	6,8	2,3	3,2	1,3	ХПВ п. Иволгинск	Не эксплуатируется
11 Кижингинское, 1991	2,8	1,7	1,1	-	ХПВ п. Кижинга	Не эксплуатируется

(Красноярское МППВ) и Гусиноозерской (МППВ Загустайское и "Ельник") межгорных впадин показывают следующие основные моменты:

1. Методика поисков определялась исходя из представлений о локализации месторождений трещинно-жильных вод в зонах региональных разломов, и была направлена на выявление водоносных разломов в бортовых частях впадин. В Тугнуйской впадине из 15 поисковых скважин производительными оказались только 3 скважины (удельный дебит от 1,1 до 18,3 л/с), расположенные в долинах Наринки и Капчеранги. В северо-западном борту Гусиноозерской впадины вдоль краевого разлома пробурены 18 поисковых скважин, опробованием которых установлена крайне неравномерная водообильность разлома при изменении удельного дебита от 0,01 до 1,7 л/с, при этом высокодебитные скважины приурочены к местам пониженных участков рельефа (долины рек, ручьев, сухие распадки). Поисковые скважины, пробуренные в удалении от разлома, на площади между акваторией оз. Гусино и основанием хр. Хамбинского показали более высокую водообильность осадочных пород в долинах Ельника и Загустая (удельный дебит 0,5-1,4 л/с) по сравнению с междулучными пространствами (удельный дебит 0,01-0,2 л/с). В Иволгинской впадине вблизи тектонического контакта осадочной толщи с кристаллическими породами горного обрамления удельный дебит поисковых скважин варьирует в пределах 0,06-0,39 л/с.

2. Методика разведки МППВ заключалась в прослеживании водоносных разломов. В Тугнуйской впадине разведочные участки расположены в центре и склоновых частях долины р. Наринка, разведочные профили задавались вкрест простирающихся предполагаемых зон разломов при расстоянии между скважинами 100-150м. Это привело к сосредоточению объемов бурения до 3000м на площадях 0,5-0,8 км² в центре участков, а фланги их оказались слабо изучены. Пробными откачками получены данные для сравнительной оценки степени водообильности пород по площади и оценки приближенных фильтрационных параметров (табл.2). В Гусиноозерской впадине разведочные профили располагались вкрест и вдоль речных долин с расстоянием между скважинами 0,5-0,8 км, становлено постепенное уменьшение удельного дебита от центра долин к их склонам. В Иволгинской впадине разведочный участок расположился на левом склоне р. Халюта, в распределении удельного дебита наблюдается увеличение значений по мере приближения к руслу реки.

3. Для определения действительных гидрогеологических параметров и оценки граничных условий водоносного пласта на участках Брянском и Бомском исходная информация не получена. На Эрдемском участке групповой откачкой установлены сложные закономерности фильтрации в условиях деформирующего влияния слабопроницаемых границ в плане и

Таблица 2. Средние значения параметров на разведанных МППВ

Месторожде ние	Мощность · водоносного · горизонта, м·		Напор, м		Удельный дебит, л/с	Кoeffици· ент водопроводи мости, м ² /сут	
	1	2	3	4		5	6
Брянское	44	34	36	40	12,0	4461	3600
Эрдемское	57	44	-	20	2,6	1200	780
Бомское	44	42	55	47	1,7	274	274
Загустайское	75	58	20	26	1,2	166	360
Ельник	88	54	20	38	0,76	226	253
Красноярвское	48	48	50	50	1,87	317	317

Примечание: В графе 2,3 и 5 в первом столбце приведены параметры, принятые при оценке ЭЗПВ, во втором – полученные нами повторной интерпретацией данных.

резкой внутренней фильтрационной неоднородности участка опробования, что вносит неопределенность в расчеты гидрогеологических параметров. На участке "Ельник" интерпретацией данных кустовых откачек выявляются границы с постоянным расходом - блоки слабопроницаемых осадочных пород, и питающая граница постоянного напора - оз. Гусиное. На Загустайском участке закономерности режима фильтрации при откачке определяются влиянием слабопроницаемых границ, питающие границы не проявляются. На Красноярском участке на всем диапазоне кустового опробования наблюдалось нарушение функциональной зависимости понижения уровня от расстояния, что связывается с резкой неоднородностью фильтрационной среды.

4. Подсчет эксплуатационных запасов подземных вод на всех МППВ выполнен гидродинамическим методом, с использованием приближенных гидрогеологических параметров. Граничные условия в плане схематизированы в виде неограниченного или полуограниченного пласта, что не отвечает реальным природным условиям - это пласты, закрытые с четырех или с трех сторон. В этой связи можно констатировать недостоверность количественной оценки ЭЗПВ на рассматриваемых месторождениях, необоснованность выделения и утверждения. ТКЗ промышленных категорий (А и В) на МППВ в Тугнуйской впадине.

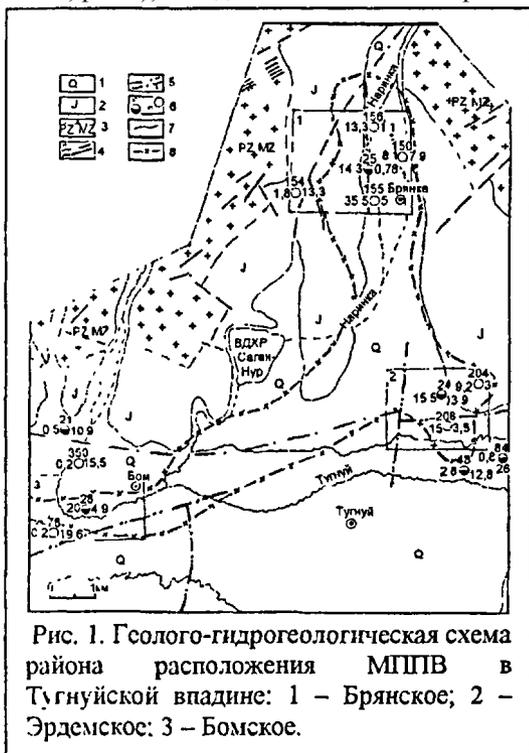
5. Источники формирования ЭЗПВ изучены очень слабо, возможность их количественной оценки ограничивается приближенными расчетами величины естественных ресурсов. Для оценки привлекаемых ресурсов за счет поглощения транзитного речного стока, которые на этих

месторождения является важнейшим источником формирования ЭЗПВ, исходные данные не получены, за исключением месторождения "Ельник", где проведены гидрометрические исследования, результаты которых позволяют приближенно оценить величину пополнения ресурсов в паводковые периоды.

3. Закономерности формирования и распространения эксплуатационных запасов подземных вод в осадочных отложениях мезозойских впадин Западного Забайкалья.

Основные факторы и закономерности формирования МППВ в осадочных отложениях выявляются на основе геологоструктурного анализа гидрогеологических условий межгорных впадин, сравнительной оценки этих условий.

Гидрогеологические условия МППВ. Общей особенностью исследованных МППВ является локализация их в пределах замкнутых структур площадью от 5 до 25 км². Эти структуры имеют сложные очертания в плане, чаще они вытянуты вдоль речных долин (рис.1; рис.2.б; рис.3), иногда отличаются изометричной формой (рис.2,а).



Условные обозначения:
 1 - аллювиальный водоносный горизонт;
 2- юрский водоносный комплекс; 3- палеозой-мезозойская водоносная зона трещиноватости;
 4- разломы; 5 - разломы под рыхлыми осадками:
 а) установленные, б) предполагаемые; 6 - скважина: а) поисковая, б) разведочная: над знаком - ее номер; слева - дебит (л/с); справа (или под знаком) - понижение (м); 7 - граница между гидрогеологическими подразделениями; 8 - изолиния удельного дебита 0,5 л/с.

Рис. 1. Геолого-гидрогеологическая схема района расположения МППВ в Тугнейской впадине: 1 - Брянское; 2 - Эрдемское; 3 - Бомское.

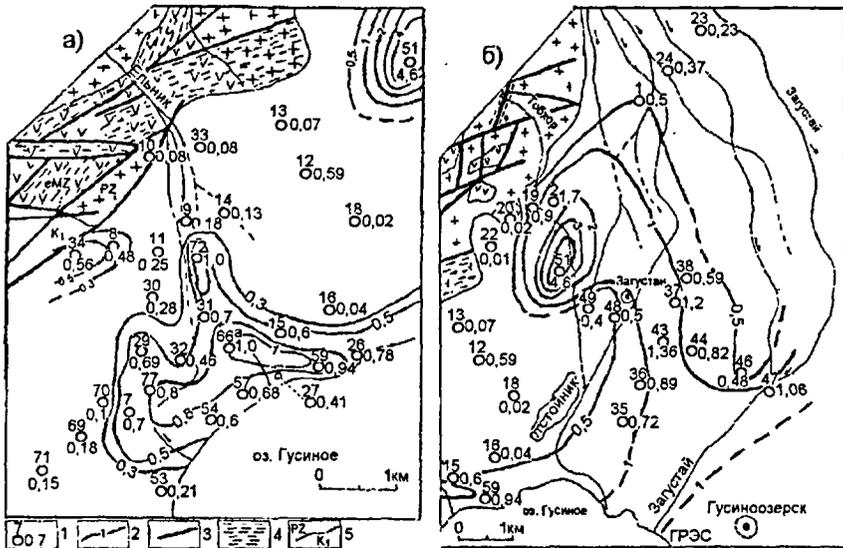
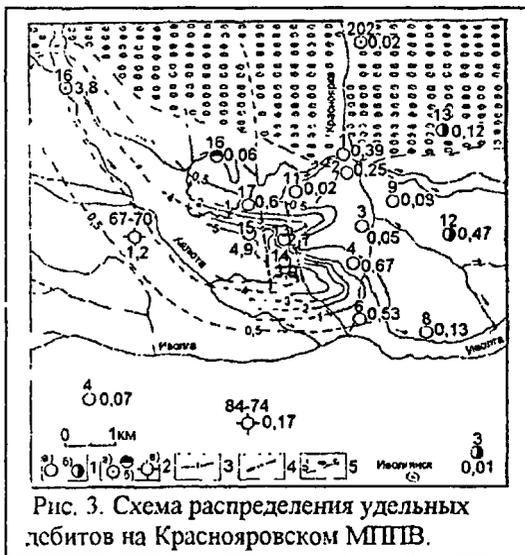


Рис. 2. Схема распределения удельных дебитов на МППВ: а) "Ельник", б) Загустайском.

Условные обозначения: 1 - скважина; над знаком - ее номер; справа (или под знаком) - удельный дебит, л/с; 2 - изолиния удельного дебита; 3 - разломы; 4 - зона катаклаза; 5 - граница между гидрогеологическими подразделениями.

Строение продуктивных водоносных горизонтов и их местоположение в разрезе осадочных толщ определяются характером проницаемости пород. В юрских отложениях формируются водоносные горизонты трещинно-пластового типа, распространение которых в разрезе ограничивается глубинами 50-100м, а степень водообильности зависит от литологического состава пород и изменяется в широких пределах. В водовмещающих песчаниках Брянского участка среднее значение удельного дебита скважин составляет 12 л/с, в слоистой толще Эрдемского - 2,6 л/с, а на Бомском участке, где большую часть разреза занимают алевролиты, - 1,7 л/с. Границами МППВ в плане выступают блоки слабопроницаемых осадочных или эффузивных пород. Водопроницаемость их в десятки и сотни раз меньше таковой на площади МППВ. Границы между водоносными и слабопроницаемыми блоками выражены четко, как правило, по разрывным нарушениям.



Условные обозначения:
 1,2- гидрогеологические скважины различного назначения: над знаком - номер скважины по первоисточнику; справа (или под знаком) - удельный дебит, л/с;
 3 - изолиния удельного дебита; 4 - разрывные нарушения под рыхлыми осадками; 5 - граница водоносного комплекса юрских конгломератов.

С разломами на границах МППВ связывается формирование куполов подземных вод, в своде которых относительные превышения над общим положением пьезометрической поверхности достигают 5-7 м. То есть разрывные нарушения играют двойную роль: в зоне их влияния снижается водопроницаемость пород, и повышаются гидростатические напоры подземных вод. Граничные условия продуктивных горизонтов в вертикальном разрезе характеризуются наличием перекрывающего аллювиального водоносного горизонта, но гидравлическая связь с ним затрудненная, вследствие развития глинистого слоя мощностью 10-20м в основании рыхлой толщи. Основной источник формирования ЭЗПВ на этих месторождениях - естественные ресурсы продуктивной структуры, которые оцениваются в количестве 15-16,0 тыс. м /сут.

В нижнемеловых впадинах в формировании продуктивных водоносных горизонтов, наряду с трещинной проницаемостью, важнейшее значение приобретает вторичная межзерновая пористость песчаников, возникающая в результате растворения и выщелачивания карбонатного цемента. Продуктивные горизонты характеризуются относительно спокойным залеганием в центре речных долин, постепенно выклиниваясь в их бортах. На междуречных пространствах разуплотнения песчаников не наблюдается, водопроницаемость (в м²/сут) пород здесь обычно 10-20, в то время как на площади месторождений достигает 500-800. В продуктивных

горизонтах подземные воды напорные, уровень их часто устанавливается выше поверхности земли на 1,5-3 м. На междуречьях они безнапорные с глубиной залегания уровня от 3-5 до 50 м.

На площади МППВ в Гусиноозерской впадине в распределении водно-коллекторских свойств пород и полей напоров подземных вод тектонического контроля не проявляется. Лишь на северо-западной их границе осадочные породы, дробленые и перетертые до тектонической глины в зоне влияния бортового разлома, отличаются весьма неравномерной водообильностью (удельный дебит 0,01-1,7 л/с, рис. 2), а подземные воды в них имеют избыточный напор до 13 м.

На Красноярском МППВ в Иволгинской впадине строение продуктивного горизонта осложнено разрывными нарушениями; на северо-восточной его границе резко снижается водообильность пород (рис. 3) и вдоль этой зоны прослеживается купол подземных вод.

Продуктивные горизонты в нижнемеловых отложениях имеют хорошую гидравлическую связь с вышележащим маломощным (мощностью 5-15 м) водоносным горизонтом аллювиальных отложений. Питание последнего осуществляется главным образом за счет поглощения речных вод, во время паводков мощность его увеличивается на 3-4 м. Благодаря хорошей гидравлической связи, привлекаемые ресурсы за счет фильтрации паводковых вод могут обеспечивать до 5-6 тыс. м³/с\т эксплуатационных запасов на этих месторождениях.

Геологоструктурные особенности распределения ресурсов подземных вод и закономерности формирования МППВ. В структуре Западного Забайкалья главная роль отводится глубинным разломам северо-восточного простирания, которые определили общий план межгорных впадин - узкие вытянутые структуры. Осадочные толщи впадин мощностью до 2000 м, сформированные в юре и нижнем мелу, на неотектоническом этапе активизации древних разломов рассечены серией оперяющих (поперечных) разрывов северо-западного и меридионального направления (Очиров, 1965, 1976; Булнаев, 1976; Булгатов, 1978 и др.). Гидрогеологическое значение разломов оценивается исследователями неоднозначно. В.М Степанов (1980) отводит им роль артерий (каналов), по которым происходит перераспределение подземных вод между гидрогеологическими структурами горных сооружений и межгорных впадин, а также внутри этих структур. Первостепенное значение в осуществлении этой связи имеют не глубинные, а оперяющие разломы, как структуры молодые и раскрытые по сравнению с древними разломами, где происходило неоднократное перетирание и глинизация горных масс. Другими исследователями (Борисенко и др., 1974, 1986, 1990) именно с

главными разломами связывается формирование большинства МППВ в осадочных отложениях межгорных впадин. В северо-западных бортах впадин разломы являются более водообильными по сравнению с разломами в их юго-восточных бортах, что обусловлено возрастом образования или подновления разломов, их генезисом, протяженностью разломов и амплитудой смещения по ним отдельных блоков.

Проведенные нами исследования позволяют конкретизировать гидрогеологическую роль разломов, которая видится в свете современных представлений об условиях и характере их развития на территории Западного Забайкалья в постмезозойский период. И.Н. Резанов (1988) представляет этот этап со следующих позиций: северо-восточные краевые разломы в бортах межгорных впадин формируются как структуры сжатия под воздействием раздвиговых деформаций со стороны Байкальского рифта. При этом жесткая консолидированная толща мезозойских впадин разрывается опережающими открытыми разломами, которые осваиваются речками, и начинается врез гидросети. Именно, с развитием речных долин по ослабленным зонам поперечных (опережающих) разломов нами связываются причины, побуждающие и развивающие процесс формирования МППВ в осадочных толщах. Это денудация, линейная и боковая эрозия, развитие открытых трещин разгрузки в горных породах. За счет этих экзогенных процессов в речных долинах резко возрастает общая трещиноватость пород и, как следствие, их водопроницаемость по сравнению с междуречными пространствами. Одновременно происходит дифференциация водно-коллекторских свойств пород и по длине поперечного разлома, поскольку долина реки формируется с того или иного склона только до центра впадины. Эта группа геологических факторов (наличие поперечных разломов, активность экзогенных процессов, литологический состав пород и их водно-коллекторские свойства) определяет возможность локализации МППО, а формирование их ресурсов контролируется группой физико-географических факторов - это рельеф и его расчлененность, атмосферные осадки, речная сеть и поглощение речного стока. В этом отношении северо-западная сторона межгорных впадин находится в более благоприятной обстановке, чем их юго-восточная сторона. С северо-запада впадины окаймляются крупными горными хребтами, в пределах которых выпадает наибольшее для Западного Забайкалья количество атмосферных осадков (400-500 мм/год), а их склоны и сопряженные борта впадин, расчленяет густая речная сеть. В то же время в юго-восточном обрамлении впадин годовая норма осадков 250-300 мм, расчлененность рельефа слабая. Таким образом, сочетание геологических и физико-географических факторов определяет основные закономерности формирования и распространения МППВ: а) размещение

на северо-западных бортах межгорных впадин; б) локализация на участках долин горных рек; в) ограниченное площадное распространение продуктивных водоносных горизонтов.

В зонах краевых разломов осадочные породы испытывают деформации сжатия, уплотняются, глинизируются и существенно утрачивают свои фильтрационные и коллекторские свойства. Эти обстоятельства предопределяют бесперспективность региональных разломов на обнаружение значимых запасов подземных вод, пока затеем чему явились безуспешные поиски МППВ в зонах бортовых разломов Тугнуйской, Гусиноозерской и Иволгинской впадин.

4. Гидрогеохимические особенности формирования МППВ в осадочных отложениях мезозойских впадин Западного Забайкалья.

При решении задач хозяйственно-питьевого водоснабжения (ХПВ) за счет подземных вод межгорных впадин часто возникают вопросы ограничения их использования из-за повышенных концентраций нормируемых элементов. Поэтому, для прогноза устойчивости качества подземных вод при эксплуатации МППВ важно установить источники загрязняющих веществ, границы распространения некондиционных вод, закономерности формирования и преобразования состава подземных вод в пределах самих месторождений.

Оценка качества подземных вод для целей ХПВ. Среди нормируемых элементов, осложняющих условия эксплуатации исследованных МППВ выделяются фтор, железо, сульфат и натрий, поэтому внимание акцентируется на распределении и возможных источниках именно этих элементов в подземных водах.

В Тугнуйской впадине наиболее сложные гидрогеохимические условия характерны для Эрдемского участка, в пределах которого локализованы гидрокарбонатно-сульфатные и сульфатные натриевые воды с минерализацией 0,4-1,3 г/дм³. Концентрация (в мг/дм³) хлорида в них достигает 109, сульфата - 630, фтора - 8,2, натрия - 384. На Бомском участке среди гидрокарбонатных кальциево-натриевых вод с минерализацией 0,2-0,3 г/дм³, встречаются сульфатные натриевые воды при концентрации хлорида и фтора выше средней по месторождению почти в 4 раза. На юго-западной его границе выделяется зона фторсодержащих вод (концентрация F 2,8-3,5 мг/дм³), которая пространственно увязывается со сводом сформированного здесь купола подземных вод. Лишь на Брянском участке подземные воды однородны по минерализации (0,2-0,3г/дм³) и составу (**НСО₃-Mg-Ca**) при концентрации нормируемых элементов в пределах ПДК.

В Гусиноозерской впадине гидрогеохимические условия МППВ осложнены распространением в окружающих породах подземных вод с повышенными концентрациями сульфата ($50-70 \text{ мг/дм}^3$) и железа (до $1,2 \text{ мг/дм}^3$). На северо-западной границе месторождений локализованы фторсодержащие (концентрация F от $1,7$ до $8,4 \text{ мг/дм}^3$) воды, в которых присутствует также железо в концентрации до ПДК. Эти воды вскрываются вдоль подножья хр. Хамбинского на глубинах $80-100 \text{ м}$, имеют значительный напор, уровень их устанавливается обычно выше поверхности земли на $2,4-13,0 \text{ м}$. В пределах месторождений подземные воды гидрокарбонатные кальциевые или кальциево-натриевые при минерализации $0,15-0,2 \text{ г/дм}^3$, pH $7,8-8$. Концентрации фтора в подземных водах достаточно стабильны ($0,5-1 \text{ мг/дм}^3$), а содержания железа определяются диапазоном - от $<0,05$ до $0,8 \text{ мг/дм}^3$.

На площади Красноярского МППВ преобладают гидрокарбонатные магниевые-кальциевые воды с минерализацией $0,2-0,25 \text{ г/дм}^3$. Концентрации фтора в них варьируют от $0,12$ до $1,1$, а железа - от $< 0,05$ до $0,65 \text{ мг/дм}^3$, при этом повышенные значения наблюдаются в сульфатно-гидрокарбонатных водах на северо-западном' фланге месторождения. Аналогичные по составу воды, но с более высокой минерализацией ($0,9 \text{ г/дм}^3$) встречаются севернее МППВ, в предгорьях хр. Хамар-Дабан. В окружающих месторождение породах распространены подземные воды невысокой минерализации ($0,2-0,3 \text{ г/дм}^3$), гидрокарбонатные, концентрация железа и фтора в них не превышает ПДК.

Участвующие в формировании ресурсов этих МППВ грунтовые воды аллювиальных отложений и трещинные воды горного обрамления пресные и ультрапресные, гидрокарбонатные кальциевые, магниевые-кальциевые. Фтор в них обнаруживается обычно в диапазоне концентраций $0,2-1,5 \text{ мг/дм}^3$, а железо - $0,1-0,3 \text{ мг/дм}^3$.

Гидрогеохимические условия межгорных впадин и особенности формирования месторождений хозяйственно-питьевых вод. Вопросы формирования состава подземных вод в межгорных впадинах горно-складчатых областей рассматриваются в работах С.Р.Крайнова, Н.А.Маринова, С.Л.Шварцева, Б.И.Писарского, Е.В. Пиннекера, А.М.Плюснина и многих других. Пространственное распространение подземных вод в этих структурах подчиняется общему закону зональности природных систем. Зональность проявляется в закономерной смене по вертикали зон с различным темпом водообмена (гидрогеодинамическая зональность), в изменении ионно-солевого состава и минерализации подземных вод (гидрогеохимическая зональность).

В исследованных межгорных впадинах Западного Забайкалья в общей схеме гидрогеодинамической зональности хорошо выражена зона интенсивного водообмена, нижняя граница которой определяется глубиной развития экзогенной трещиноватостных пород - 100-200 м. Более глубокие части впадин характеризуются замедленным темпом водообмена, вследствие уменьшения проницаемости пород по мере затухания трещиноватости. Структура фильтрационной (емкостной) среды в нижней гидрогеодинамической зоне может быть схематизирована на основе современных представлений (В.М.Степанов, В.Г.Ясько, Б.И.Писарский и др.), как сложная сеть сообщающихся водопроницаемых зон тектонических разрывов (крутопадающие разломы, межпластовые срывы вдоль литологических контактов и т.д.).

Зоне интенсивного водообмена межгорных впадин соответствует верхняя гидрогеохимическая зона пресных вод, где преобладают воды HCO_3 Na-Ca, Mg-Ca типа. Зона замедленного водообмена содержит соленоватые воды неоднородного солевого состава, которые встречаются на разных глубинах, иногда выводятся на поверхность, проявляясь восходящими родниками (табл.3). Основываясь на взглядах Н.А.Маринова, Е.В.Пиннекера, Б.И.Писарского, в нижних частях межгорных впадин Западного Забайкалья можно условно выделить две гидрогеохимические зоны: 1) зона гидрокарбонатно-сульфатных, хлоридно-сульфатных вод пестрого катионного состава с минерализацией 1-5 г/дм³. Интервал размещения этой зоны от 100-200 м до 500-1000 м, ниже этих глубин в условиях восстановительной обстановки сульфат в подъемных водах отсутствует; 2) зона гидрокарбонатно-хлоридных натриевых вод с минерализацией 1-3 г/дм³ фтороносных (концентрация фтора более 10 мг/дм), размещающаяся ниже 500-1000 м. На участках крутопадающих разломов при определенных обстоятельствах (активность и направленность современных тектонических движений, нарастание гидростатического давления в глубоких частях впадин и т.д.) могут возникать восходящие потоки минерализованных вод, нарушая вертикальную гидрогеохимическую зональность межгорных впадин. Поэтому, например, гидрокарбонатно-хлоридные фтороносные воды могут быть встречены на любой глубине и даже выведены на поверхность земли, если они имеют достаточный напор и при движении вверх по зоне разлома не смешиваются с водами вышележащих гидрогеохимических зон. Очаги восходящей разгрузки минерализованных вод локализуются, скорее всего, на пересечениях краевых разломов сжатия поперечными разломами растяжения, поскольку именно в этих местах создаются наиболее благоприятные условия для движения воды вверх. С этих позиций объясняются гидрогеодинамические и гидрогеохимические

Таблица 3

Состав подземных вод зоны замедленного водообмена мезозойских впадин.

Компоне нты	Местоположение скважины, год бурения, интервал опробования											
	Нижнесоронгойская			Боргойская			Гусиноозерская					
	с. Оронгой, северо- западная окраина, 1993, 340-490 м			с Белоозерск, 6 км на сев-восток, 1960, 640-657 м			г. Гусиноозерск, юго- западная окраина, 1966, гл. 77,2м			г. Гусиноозерск, юго- восточная окраина, 2001, родник восх.		
	мг/дм ³	мг- экв	%	мг/ дм ³	мг- экв	%	мг/дм ³	мг- экв	%	мг/дм ³	мг- экв	%
HCO ₃	219,66	3,60	4	2952	48,4	80	42,84	0,7	1	445,4	7,03	35
CO ₃	18,0	0,60	<1	с.н.	с.н.	с.н.	нет	нет	нет	18,0	0,60	4
SO ₄	3106,4	64,68	80	42,0	0,87	2	3025,0	62,98	96	<1,0	0,02	1
Cl	436,1	12,30	15	386	10,9	18	79,42	2,34	3	425,4	12,0	59
F	1,0	0,05	<1	с.н.	с.н.	с.н.	с.н.	с.н.	с.н.	10,3	0,54	2
Ca	252,5	12,60	16	16,0	0,80	1	66,93	3,34	5	8,0	0,40	2
Mg	200,5	16,50	20	16,8	1,38	3	4,74	0,39	<1	0,6	0,05	1
Na+K	1188,9	51,71	64	1236	53,8	96	1429,7	62,19	94	440,2	19,1	97
Сухой остаток, мг/дм ³	5321,7			3172,0			4627,3			1145,8		
pH	8,4			с.н.			7,0			8,4		
Примечание: с.н. – сведений нет												

аномалии в верхних горизонтах межгорных впадинах - большие избыточные напоры (6-13 м) подземных вод в зонах краевых разломов, несвойственный для зоны интенсивного водообмена геохимический облик подъемных вод на локальных участках. С процессами восходящей разгрузки сульфатных натриевых фтороносных вод нами связываются причины ухудшения качества подземных вод на МППВ в открытой структуре Тугнуйской впадины.

В то же время зоны разломов сами по себе являются резервуарами, где могут формироваться воды трещинно-жильного типа, при этом в специфических геохимических обстановках зон древних разломов создаются воды особого химического состава. К этому типу относятся, по видимому, воды краевого разлома в северо-западном борту Гусиноозерской впадины - сульфатно-гидрокарбонатные, сульфатно-хлоридно-гидрокарбонатные с повышенными концентрациями фтора и железа. В полузакрытых структурах нижнемеловых впадин гидрогеохимические обстановки на границах МППВ осложняются также распространением подземных вод с повышенной минерализацией в окружающих слабопроницаемых породах. Замедленный режим фильтрации подземных вод в этих породах и длительное время их взаимодействия ведут к увеличению минерализации воды до 1 г/дм³, а при неглубоком залегании уровня подземных вод - до 3-5 г/дм³ в результате наложения процессов испарительной концентрации. На участках речных долин ускоренный темп водообмена в нижнемеловых отложениях за счет фильтрации поверхностных и аллювиальных грунтовых вод обеспечивает минерализацию продуктивных вод на уровне 0,1-0,3 г/дм³. С грунтовыми водами поступает значительное количество свободной углекислоты, которая вызывает разрушение карбонатного цемента в песчаниках. Этот процесс ведет к обогащению подземных вод ионами кальция и гидрокарбоната, появлению ионов карбоната, увеличению Ph воды. Кальциевая среда ускоряет процесс удаления ионов фтора из подземных вод, препятствуя его миграции в свободной наиболее токсичной форме. С речными и грунтовыми водами поступает также кислород, вызывающий процесс окисления двухвалентного железа и осаждения гидроксида, что ведет к самоочищению подземных вод от железа.

Таким образом, выявляются основные факторы и процессы, под влиянием которых происходит формирование состава пресных подземных вод и ухудшение их качества на месторождениях в мезозойских впадинах Западного Забайкалья. Факторы, определяющие достаточно высокое качество подземных вод, - это фильтрация речных и грунтовых вод, процессы смешения, кристаллизации и растворения. Факторы, создающие сложные геохимические обстановки, в которых происходит ухудшение

качества подземных вод, связываются с деятельностью разрывных нарушений. Зоны разломов могут быть резервуарами трещинно-жильных фтороносных и железосодержащих вод, либо выводящими воды глубоких частей впадин, с которыми в верхнюю гидродинамическую зону привносятся фтор, хлорид, сульфат, натрий и другие элементы.

5. Типизация МППВ в осадочных отложениях мезозойских впадин Западного Забайкалья

Общие принципы классификации МППВ. Разработкой классификаций МППВ занимались Н.И.Плотников, Б.В.Боревский, Л.С.Язвин, Д.В.Сухопольский, Б.И.Писарский, В.В.Кулаков и др.

Классификационные схемы базируются на систематизации геолого-структурных и генетических признаков, выявлении закономерностей формирования и распределения ресурсов и запасов подземных вод, учитывают поисковые признаки, опыт разведки и эксплуатации МППВ. Наиболее полно все разнообразие МППВ в трещиноватых и закарстованных коллекторах представлено в классификации Б.В.Боревского и Л.С.Язвина (1976). По структурно-генетическому признаку выделены три основных типа месторождений, которые различаются, прежде всего, граничными условиями в плане и в разрезе,¹ что определяет различные условия формирования ЭЗПВ. Это месторождения, связанные с водоносными горизонтами: относительно выдержанными по мощности и строению (тип 1); имеющими хорошую гидравлическую связь с рекой, (тип. 2); в ограниченных по площади структурах и зонах тектонических нарушений (тип 3).

Типизация МППВ Западного Забайкалья. Для гидрогеологических условий Прибайкалья и Западного Забайкалья разработана одна классификация МППВ (Борисенко и др., 1990), которая содержит в своей основе гидрогеологические системы - резервуары подземных вод различных таксономических рангов. В данной классификации почти все МППВ мезозойских впадин Западного Забайкалья отнесены к группе месторождений в сквозных структурах, тип - трещинно-жильных вод, подтип - региональных разломов.

Проведенные нами исследования показывают, что данная классификация не отражает реальные условия формирования МППВ в мезозойских отложениях: в ней не выдерживается геолого-структурный принцип, не учитывается характер распространения продуктивных водоносных горизонтов, гидрогеохимические условия и другие классификационные признаки. Поскольку классификация не содержит представления природной структуры МППВ, то применение ее не обеспечивает целенаправленности гидрогеологических исследований, отражается значительными неоправданными затратами на поиски и

разведку подземных вод. Для повышения эффективности разведки и оценки ЭЗПВ нами предлагается более точная типизация МППВ, в основу которой положены структурно-генетический признак и характер перекрывающих отложений, учтены источники формирования эксплуатационных запасов подземных вод и гидрогеохимические условия (табл. 4). По граничным условиям в плане и характеру водовмещающей среды МППВ выделяются в тип месторождений в ограниченных по площади структурах или блоках водоносных пород на участках речных долин. Ширина блока ограничивается шириной речной долины, длина его обычно определяется расстоянием от участка выхода речки из гор, где начинается поглощение речного стока, до ее устья. Гидродинамические условия на границах определяются постоянством расхода (слабопроницаемые блоки пород на междуречьях), иногда это могут быть разнородные границы. Характер перекрывающих отложений определяет условия питания продуктивного водоносного пласта на верхней границе и возможность привлечения поверхностных вод на формирование эксплуатационных запасов, что, в свою очередь, определяет промышленную ценность месторождения. По этому признаку выделены три подтипа МППВ. Месторождения первого подтипа характерны для нижнемеловых отложений, где продуктивные водоносные горизонты имеют хорошую гидравлическую связь с верхним водоносным горизонтом и находятся в благоприятных условиях восполнения ЭЗПВ. Месторождения второго подтипа имеют мощные перекрывающие горизонты водоносного аллювия, но затрудненную с ними гидравлическую связь, и, следовательно, менее благоприятные условия восполнения эксплуатационных запасов. Месторождения третьего подтипа в бортовых частях речных долин не имеют источников питания на верхней границе, что, в сочетании с процессами восходящей разгрузки минерализованных вод из глубоких горизонтов, обуславливает локализацию некондиционных вод на этих участках.

Основные особенности методики разведки МППВ. Установленные закономерности формирования и распространения МППВ и их типизация позволяют выделять перспективные участки, исключая стадию поисков. Поисковые признаки объединены в 6 групп (геоморфологические, гидрологические, геологические и т.д.).

Задачи предварительной разведки решаются комплексом буровых, гидрогеологических, гидрометрических, геофизических, лабораторных работ. В дополнение геофизических методов или на участках, где эти

Таблица 4. Типизация МППВ в осадочных отложениях мезозойских впадин Западного Забайкалья

Тип месторождения	Подтип	Основные источники формирования ЭЗПВ	Гидрогеохимические условия
В ограниченном по площади структурном или блоке водоносных пород на участках речных долин	Перекрытые водоносным аллювием без разделяющего глинистого слоя	Поглощение паводкового стока горных речек, сокращение естественной разгрузки подземных вод	Относительно простые. Подземные воды благоприятны для использования в области хозяйственно-питьевого водоснабжения.
	Перекрытые водоносным аллювием с разделяющим глинистым слоем	Сокращение естественной разгрузки подземных вод, привлечение грунтовых вод за счет усиления процессов перетекания через слабопроницаемые слои	Сложные. При эксплуатации возможно ухудшение качества подземных вод в результате подтягивания некондиционных вод с флангов месторождения.
	Перекрытые глинистыми слабопроницаемыми отложениями в склоновых частях речных долин	Сокращение естественной разгрузки подземных вод	Очень сложные. Подземные воды не отвечают кондиции качества питьевых вод по содержанию фтора, иногда сульфата и натрия.

методы не применимы из-за сильных внешних помех, для выделения водообильных зон представляется рациональным метод биолокации. Система размещения разведочных скважин должна предусматривать расположение их по профилям с учетом данных геофизической (биолокационной) съемки. Проведение кустовых или групповых откачек из разведочных скважин не рекомендуется, поскольку данные этих откачек в рассматриваемых условиях не несут надежной информации для подсчета ЭЗПВ.

Детальная разведка должна быть ориентирована на оценку ЭЗПВ гидравлическим методом, что и определяет методику ее проведения: бурение разведочно-эксплуатационных скважин в соответствии с выбранной схемой водозабора и проведение опытно-эксплуатационной откачки (1-3 мес.) Большое значение на этих МППВ имеет эксплуатационная разведка, данные которой позволяют уточнить их особенности, дифференцировать источники формирования ЭЗПВ, дают возможность оценки запасов методом гидрогеологической аналогии, что позволяет исключить мощные откачки и существенно сократить затраты на разведочные работы.

Заключение

В диссертационной работе проведены обобщения, раскрывающие закономерности формирования и размещения МППВ в осадочных отложениях мезозойских впадин Западного Забайкалья. Основные результаты и выводы работы сводятся к следующему:

1. МППВ формируются в ограниченных по площади структурах, сложенных породами повышенной водопроницаемости на участках речных долин, и размещаются главным образом на северо-западных бортах впадин.

2. На границах МППВ часто локализуются очаги восходящей разгрузки минерализованных вод из закрытых частей впадин с замедленным темпом водообмена, осложняя гидрогеодинамические условия месторождений и ухудшая качество питьевых вод.

3. В зависимости от характера перекрывающих отложений выделены три подтипа МППВ, различающиеся условиями восполнения ЭЗПВ и гидрогеохимическими обстановками, определяющими возможность использования их для питьевого водоснабжения.

4. Обоснованы основные поисковые признаки МППВ и оптимальные методы их разведки.

Список работ по теме диссертации

1. Формирование месторождений подземных вод в осадочных отложениях мезозойских впадин Западного Забайкалья. //Тезисы докладов Всероссийского совещания по подземным водам Востока России. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000, с. 45-46.
2. Гидрогеологические условия месторождений подземных вод в осадочных отложениях Тугуйской впадины (Западное Забайкалье). //Природные ресурсы Забайкалья и проблемы природопользования. Материалы научной конференции. Чита: Изд-во ЧИПР СО РАН, 2001¹, с. 101-103.
3. Гидрохимические особенности формирования пресных подземных вод в осадочных отложениях нижнемеловых впадин Западного Забайкалья. //Природные ресурсы Забайкалья и проблемы природопользования. Материалы научной конференции. Чита: Изд-во ЧИПР СО РАН, 2001², с. 103-105.
4. Гидрогеохимические особенности формирования месторождений пресных подземных вод в осадочных отложениях межгорных впадин Западного Забайкалья. //Геэкология, 2003, № 4, с. 300-308.
5. Геологоструктурные особенности формирования месторождений пресных подземных вод в межгорных впадинах Западного Забайкалья //Вестник Бурятского университета. Серия 3: география, геология. Улан-Удэ, Изд-во Бурятского госуниверситета, 2004.

Подписано в печать 22.01.2004 г. Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Объем 1,4 печ. л. Тираж 100. Заказ № 19.

Отпечатано в типографии Изд-ва БНЦ СО РАН,
670047 г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6.

№ - 2130

РНБ Русский фонд

2004-4

27457