

УДК 504:574

## СТРУКТУРНО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ РЕСУРСОВ И ЗАПАСОВ ТАЙШЕТСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПИТЬЕВЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

**В.А. Черенева<sup>1</sup>**

Иркутский государственный технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Рассмотрены результаты комплексного анализа условий формирования Тайшетского месторождения питьевых подземных вод. Установлено, что формирование основных ресурсов и запасов подземных вод обусловлено геолого-структурными особенностями Присяянского предгорного прогиба. Их локализация контролируется распределением гидростатических напоров, созданных речной сетью, заложенной по зонам тектонических нарушений.

*Библиогр. 1 назв. Ил. 3.*

*Ключевые слова: зона тектонических нарушений; гидростатические напоры; месторождение подземных вод.*

## STRUCTURAL AND HYDROGEOLOGICAL FORMATION CONDITIONS OF THE TAISHET DEPOSIT RESOURCES AND RESERVES OF DRINKING GROUNDWATER

**V.A. Chereneva**

Irkutsk State Technical University, 83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

The article deals with the results of a comprehensive analysis of the formation conditions of the Taishet deposit of underground drinking water. It indicates that the formation of main resources and reserves of groundwater is determined by geological and structural features of the Sayan submountain depression. Their location is controlled by the distribution of hydrostatic pressures created by the river network in faulting zones.

*1 sources. 3 figures.*

*Key words: faulting zone; hydrostatic pressure; underground water deposit.*

Тайшетское месторождение питьевых подземных вод (МППВ) находится на междуречье Бирюса – Байроновка в пределах Тайшетского района Иркутской области (рис. 1). В геоструктурном отношении площадь месторождения приурочена к юго-западному крылу Присяянского прогиба, включающего ряд структурных форм с нижнепалеозойским фундаментом. Прогиб морфологически выражен сравнительно узкой зоной (от 50 км на юго-востоке до 150 км на северо-западе) с низко- и среднегорным рельефом.

На юге Присяянской впадины выделяется моноклираль северного склона Восточного Саяна. Слагающие эту

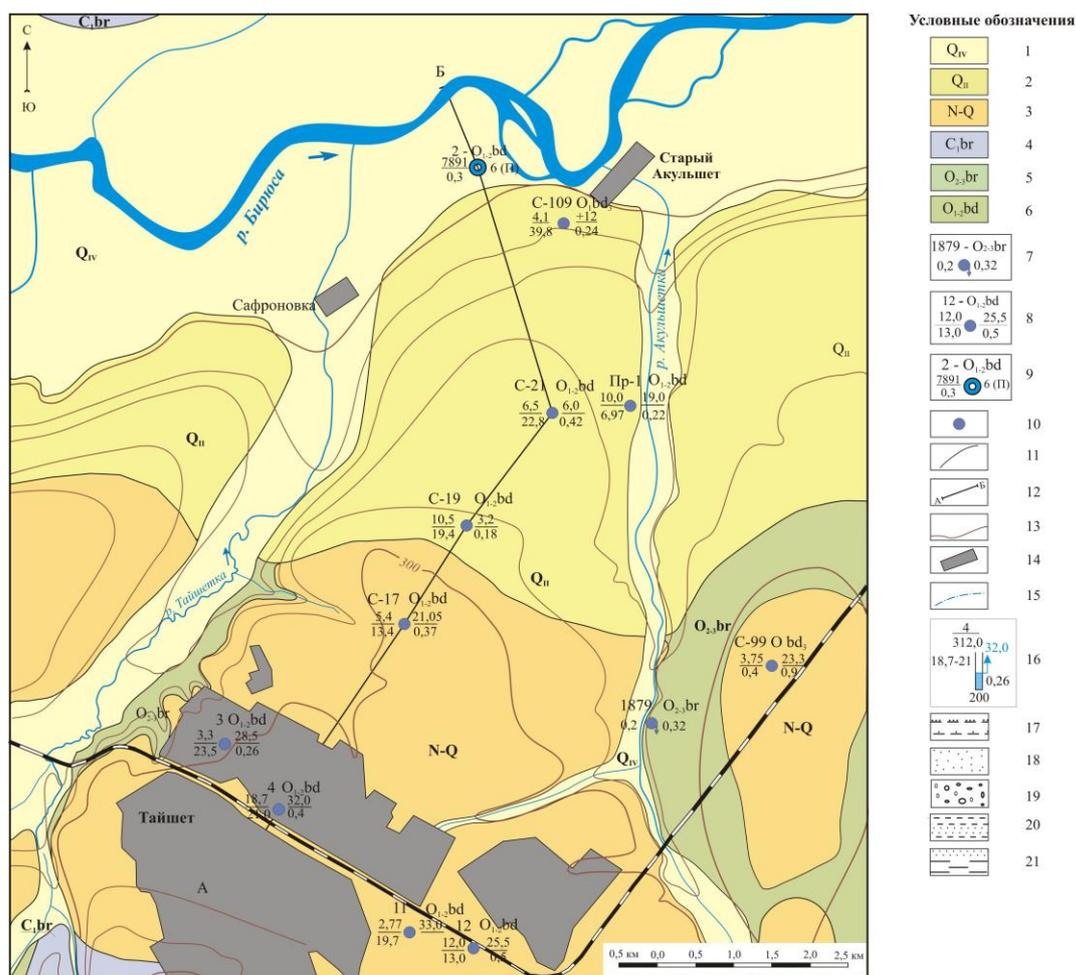
структуру осадочные породы постепенно погружаются на север и северо-восток под углом до  $1,0-1,5^{\circ}$  [1].

Верхняя часть разреза Присяянского предгорного прогиба сложена карбонатными и терригенными нижнепалеозойскими отложениями. В пониженных участках прогиба они перекрыты юрскими континентальными породами, сформировавшимися в результате аккумуляции продуктов разрушения, снесенных с поднявшихся в мезозое гор Восточного Саяна и Среднесибирского плоскогорья. Среди этих отложений преобладают песчаники и сланцы, общая мощность которых измеряется сотнями метров. Мезозойский возраст име-

---

<sup>1</sup>Черенева Виктория Александровна, аспирант кафедры прикладной геологии Института недропользования, тел.: 89086602747, e-mail: vchereneva@list.ru

Chereneva Victoria, Postgraduate of the Applied Geology Department of the Institute of Exploration of Mineral Resources, tel.: 89086602747, e-mail: vchereneva@list.ru



**Рис. 1. Гидрогеологическая карта района Тайшетского месторождения питьевых подземных вод. Составила В.А. Черенева (2013) по материалам Н.А. Журавель (1966):**

1–6 – гидрогеологические подразделения: 1 – водоносный горизонт современных отложений (гравий, галечники, пески), 2 – водоносный горизонт среднечетвертичных отложений (супеси, пески, галечники), 3 – водоносный горизонт неоген-четвертичных отложений (валуны, галечники), 4 – водоносный комплекс отложений баероновской свиты (песчаники с прослоями алевролитов, аргиллитов и известняков), 5 – водоносный комплекс отложений братской свиты (алевролиты с прослоями песчаников), 6 – водоносный комплекс отложений бадарановской свиты (алевролиты с прослоями песчаников); 7–9 – водопрооявления и водозаборные сооружения: 7 – родник нисходящий (цифры сверху – номер по первоисточнику и возраст водовмещающих пород, слева – дебит в л/с, справа – минерализация в г/л), 8 – скважина (цифры сверху – номер по первоисточнику и возраст водовмещающих пород, слева в числителе – дебит в л/с, в знаменателе – понижение в м, справа в числителе – глубина установившегося уровня в м, в знаменателе – минерализация в г/л), 9 – групповой водозабор (цифры сверху – номер водозабора и возраст водовмещающих пород, слева в числителе – среднесуточный водоотбор в м<sup>3</sup>/сут, в знаменателе – минерализация в г/л, справа в числителе – количество скважин в группе, в скобках – название воды по категориям, П – питьевая); 10 – гидрокарбонатный тип воды; 11 – граница распространения гидрогеологических подразделений, залегающих первыми от поверхности; 12 – линия геолого-гидрогеологического разреза; 13 – горизонталы рельефа; 14 – населенный пункт; 15–21 – дополнительные знаки на гидрогеологическом разрезе: 15 – установленная линия пьезометрического уровня, 16 – скважина (цифры сверху – в числителе номер скважины, в знаменателе абсолютная отметка устья скважины, слева – дебит в л/с и понижение уровня воды в м, справа – минерализация в г/л, у стрелки – установившийся уровень в м, внизу – глубина скважины в м); 17–21 – литологические разности пород: 17 – супеси, суглинки, 18 – пески, 19 – гравийно-галечниковые отложения, 20 – алевролиты и песчаники, 21 – песчаники с прослоями аргиллитов

ют также продуктивные угленосные свиты Черемховского и Канского бассейнов.

Поверхность района представляет в основном волнистую равнину, расчлененную широкими, хорошо разработанными речными долинами. Отметки плоских междуречных пространств в западной части Присянья – 300–400 м, в бассейне Ангары – 500–650 м. Наиболее пониженные участки приурочены к речным долинам: вблизи Канска высоты лишь немногим более 200 м, а в верхнем течении Ангары и низовьях ее притоков – 370–450 м.

По результатам наземных геофизических исследований рассматриваемый район Тайшетского МППВ характеризуется значительной тектонической раздробленностью пород до глубины около 500 м. Раздробленность имеет не только вертикальное заложение, но и, очевидно, наклонное или даже горизонтальное в виде пластовых срывов.

Наиболее мощные зоны дробления (шириной от сотен до нескольких тысяч метров) проявлены вдоль долин рек разного порядка. Зоны дробления характеризуются электрическими сопро-

тивлениями пород от 15 до 35–40 ом/м. Более монолитные и менее проницаемые отложения имеют сопротивление от 40 до 100 ом/м и более. Они ограничены отдельными блоками. Кроме того, на глубинах от 250 до 300–400 м повсеместно наблюдается практически горизонтальная граница (поверхность), ниже которой происходит увеличение сопротивления пород. По фондовым материалам увеличение электрического сопротивления пород соответствует значительному снижению их фильтрационных свойств. В связи с этим фактом для разработки гидрогеодинамической модели при переоценке запасов подземных вод Тайшетского месторождения принимается, что эта граница является подошвой водоносных пород (ниже залегают слабоводоносные отложения).

Продуктивный водоносный горизонт месторождения приурочен к бадарановской свите ордовика, где водоносные горизонты вскрываются на глубинах от 80–100 до 300 м и более (рис. 2). Эксплуатационные запасы подземных вод, предназначенные для промышленного освоения, были утверждены ГКЗ

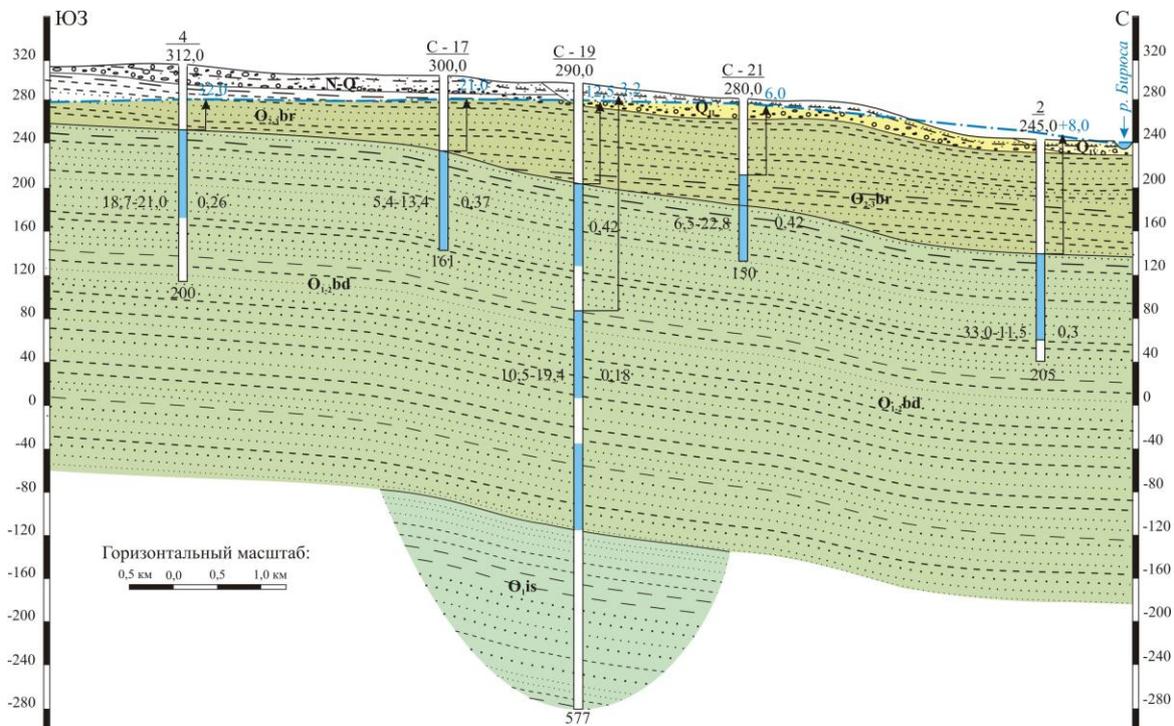


Рис. 2. Геолого-гидрогеологический разрез по линии А–Б (условные обозначения см. на рис. 1)

СССР (протокол № 5119 от 22.03.67 г.) сроком на 25 лет в количестве 32,8 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Из них запасы составляют: по категории А – 9,0; В – 14,4 и С<sub>1</sub> – 9,4 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Амортизационный срок эксплуатации месторождения истек, что требует переоценки запасов.

Тайшетское месторождение эксплуатируется групповыми водозаборами, а также десятками одиночных скважин. Водовмещающие породы продуктивного горизонта характеризуются невысокими коэффициентами фильтрации (1–2 м<sup>3</sup>/сут.), относительно низким модулем естественных ресурсов (1,1 л/с км<sup>2</sup>), но значительной мощностью зоны пресных подземных вод (около 300 м). Соответственно большинство водозаборов имеют глубину до 200–300 м. За счет большой мощности зоны пресных вод и глубин скважин недропользователи получают на водозаборах необходимый водоприток, который формируется за счет упругих запасов и в меньшей степени естественных ресурсов.

Поэтому в большинстве водозаборов, расположенных в черте города без соблюдения зон санитарной охраны, до сих пор не наблюдается загрязнения извлекаемой воды. Качественные показатели подземных вод Тайшетского месторождения на разных стадиях его исследований изучались согласно требованиям нормативных документов, которые действовали на тот период. Так, в процессе комплексной геологической, гидрогеологической и инженерно-геологической съемки масштаба 1:50 000 при разведке Тайшетского месторождения и опытной его эксплуатации оценка качества вод для хозяйственно-питьевых целей производилась в соответствии с требованиями ГОСТ 2874-54 и ГОСТ 2761-57. В настоящее время действуют новые нормативные документы, требования которых определяют качество подземных вод для централизованного и децентрализованного водоснабжения (соответственно СанПиН 2.1.4.1074-01 и СанПиН

2.1.4.1175-02), а также нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009).

Подземные воды Тайшетского месторождения имеют гидрокарбонатный кальциево-магниевый и магниевокальциевый состав с минерализацией 0,29–0,38 г/дм<sup>3</sup>. По результатам опытно-фильтрационных работ содержание общего железа в воде в начале откачек достигало 0,4–0,78 мг/дм<sup>3</sup> (1,33–2,6 ПДК), в середине и при окончании опытных откачек оно не превышало 0,13–0,20 мг/дм<sup>3</sup>. Повышенное содержание общего железа отмечается в ряде проб, отобранных при зимней гидрохимической съемке по водотокам. Этот факт, очевидно, можно объяснить только технологическими сбросами в реки.

Микрокомпонентные показатели в подземных водах не превышают допустимых концентраций, определенных СанПиН. В процессе анализа материалов по объекту установлен факт повышенной суммарной альфа-радиоактивности питьевой воды на Староаккульшетском водозаборе. Сотрудниками Иркутского территориального центра государственного мониторинга геологической среды (ИТЦГМГС) в 2004 г. повышенная суммарная альфа-радиоактивность подтверждена по Староаккульшетскому водозабору, выявлена на Тайшетском водозаборе и в подземных водах по одиночным поисково-разведочным скважинам. В 2005 г. она подтверждена повышенным содержанием радия-228 (0,3–0,83 Бк/кг при норме 0,2 Бк/кг) и контрольными анализами по определению общей альфа-радиоактивности. В 2011 г. значения альфа-радиоактивности определены в количествах от 0,1 до 1,26 Бк/кг. В связи с тем что удельная суммарная альфа-активность периодически превышала нормативный уровень, во ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Красноярском крае» была проведена санитарно-эпидемиологическая экспертиза, по результатам которой подземные воды, извлекаемые водозабором, признаны со-

ответствующими требованиями радиационной безопасности (НРБ–99/2009 СанПиН 2.6.1.2523 – 09).

По остальным гидрогеохимическим показателям подземные воды Тайшетского месторождения соответствуют СанПиН 2.1.4.1074-01 и СанПиН 2.1.4.1175-02 (Сидякова Г.А. и др., 2013).

Гидрогеодинамическая модель Тайшетского месторождения рассматривается как часть объемной водонапорной системы, включающей бассейны рек Тайшетки и Акульшетки и частично Байроновки. Само месторождение определяется наличием мощной (до 300 м) зоны пресных вод, приуроченной к бадарановским отложениям нижне-среднего ордовика. На сопредельных территориях, даже обладающих более высокими естественными ресурсами подземных вод, зона пресных вод значительно меньше, поэтому здесь нет возможности получать значительные объемы питьевых подземных вод, сопоставимых с Тайшетским месторождением (Ланкин Ю.К. и др., 2006).

Таким образом, модель Тайшетского месторождения представляет собой объемное пространство, заключенное между поверхностью земли и подошвой водоносных пород (кровлей слабодонасных отложений). Верхняя граница рассматриваемого объемного пространства ограничивается условной поверхностью рельефа, соответствующей урезам рек (постоянно действующих водотоков), которые создают гидростатические напоры в водовмещающих отложениях. Абсолютные отметки урезов рек от низовьев к верховьям значительно увеличиваются, соответственно увеличиваются и гидростатические напоры подземных вод. За счет разницы гидростатических напоров происходит перераспределение гидростатического давления и осуществляется движение подземных вод.

Для территории исследований определены две основные гидрогеодинамические схемы, характеризующие условия движения подземных вод: А –

вкрест долин дрен и Б – вдоль долин дрен (рис. 3). Рассмотрим их схематично на примере бассейна р. Байроновки в районе расположения скважины № ПР-2.

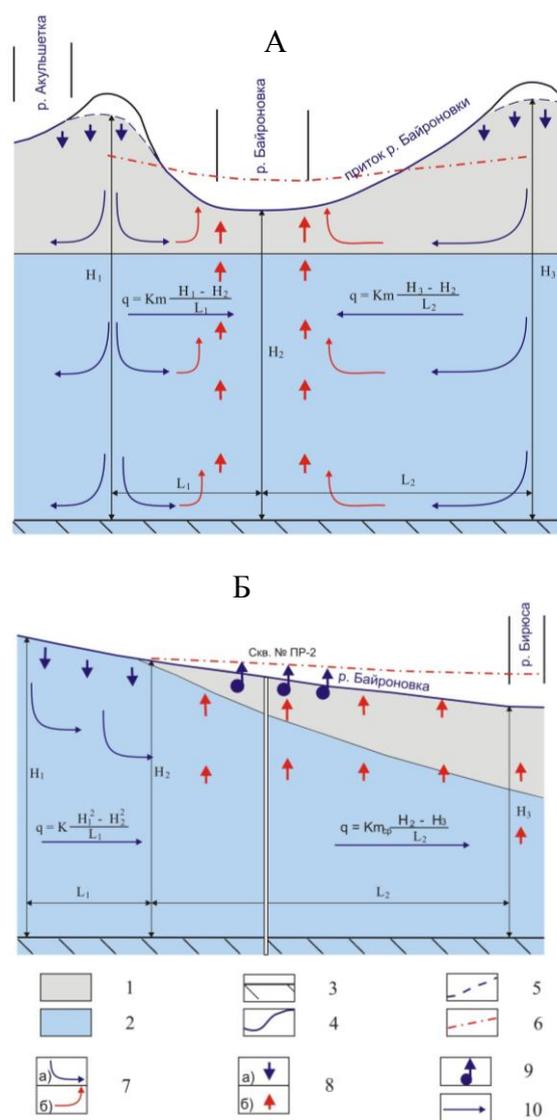


Рис. 3. Схематическая гидрогеологическая модель Тайшетского месторождения питьевых вод:

1 – отложения братской свиты среднего-верхнего ордовика; 2 – отложения бадарановской свиты нижнего-среднего ордовика; 3 – кровля слабодонасных пород бадарановской свиты, по данным наземных геофизических исследований; 4 – поверхность гидростатических напоров рек (урезы рек); 5 – уровень грунтовых вод; 6 – пьезометрический уровень напорных вод; 7 – направление передачи гидростатического давления (а – нисходящий и б – восходящий гидростатические режимы); 8 – гидрогеодинамический режим (а – нисходящий, б – восходящий); 9 – интенсивная разгрузка напорных подземных вод в р.Байроновку; 10 – направление движения подземных вод

На схеме А гидростатические напоры  $H_1$  и  $H_3$  (р. Акульшетка и правый приток р. Байроновки) больше на 50 м, чем гидростатический напор  $H_2$ , что может соответствовать избыточному давлению в 5 атм. Однако это давление передается на расстояние  $L_1 = 3,5$  км и  $L_2 = 8$  км, поэтому часть его в виде субаквальной разгрузки подземных вод реализуется в реки. В долине р. Байроновки по скважине № ПР-2 избыточное давление уже составляет 1 атм. (напор над поверхностью земли около 10 м).

На схеме Б (р. Байроновка) гидростатический напор  $H_1$  больше напора  $H_2$  на 20 м и напора  $H_3$  на 60 м. За счет разницы гидростатических напоров происходит движение подземных вод вдоль долины реки. На участке долины длиной  $L_1 = 9$  км зафиксирована потеря стока реки, которая затем реализуется в виде интенсивной разгрузки напорных подземных вод в районе скважины № ПР-2.

На этом участке интенсивная разгрузка подземных вод в реку связана с погружением слабопроницаемых пород братской свиты, уменьшением мощности (m) продуктивного водоносного горизонта (создание подпора), влиянием избыточного гидравлического давления со стороны правого притока р. Байроновки и р. Акульшетки (см. рис. 3).

В соответствии с изложенным в водосборном бассейне зафиксирована весьма значительная концентрация подземного стока, имеющего модуль на по-

рядок выше, чем в пределах сопредельных водосборных бассейнов. Приведенные на рис. 3 гидрогеодинамические схемы в целом отражают основные тенденции формирования подземных вод Тайшетского месторождения и прослеживаются во всех водосборных бассейнах речного стока.

Таким образом, гидрогеодинамическая модель Тайшетского МППВ представляется как объемное пространство (тело), ограниченное снизу кровлей слабодоносных отложений бадарановской свиты, а сверху поверхностью рельефа, совпадающей с урезами рек. Формирование подземных вод определяется распределением гидростатических напоров, созданных речной сетью, заложенной по зонам тектонических нарушений. Локализация значительных ресурсов и запасов пресных подземных вод здесь обусловлена как тектонической трещиноватостью, так и значительной мощностью водовмещающих пород.

Задачами дальнейших исследований являются создание базы данных по месторождениям подземных вод Иркутской области и разработка систематизации их структурно-генетических типов.

#### Библиографический список

1. Гидрогеология СССР. Т. XIX. Иркутская область. Ред. А.В. Сидоренко. М.: Недра, 1968. 471 с.

Рецензент кандидат геолого-минералогических наук,  
доцент Иркутского государственного технического университета Л.И. Аузина