

ГЕОЛОГИЯ, ПОИСКИ И РАЗВЕДКА ТВЕРДЫХ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, МИНЕРАГЕНИЯ

Научная статья

УДК 556.332.629

<https://elibrary.ru/wuxdvg><https://doi.org/10.21285/2686-9993-2023-46-2-190-200>Особенности формирования Свирского месторождения
пресных подземных водА.И. Кураничева^а, Ю.К. Ланкин^б, О.О. Наумова^с, Е.С. Верхозина^д^аИнститут земной коры СО РАН, г. Иркутск, Россия^{б-д}Территориальный центр государственного мониторинга состояния недр по Иркутской области
Сибирского регионального центра государственного мониторинга состояния недр –
филиала ФГБУ «Гидроспецгеология», г. Иркутск, Россия

Резюме. Объектом представленного исследования стало Свирское месторождение пресных подземных вод, которое находится в центральной части Иркутского артезианского бассейна второго порядка, входящего в состав Ангара-Ленского артезианского бассейна первого порядка (Иркутская область, Россия). В геологическом отношении исследуемая территория располагается в пределах Предаянского прогиба, осложненного Иркутским выступом фундамента. Исследуемая территория, коей является так называемая Свирская гидравлическая депрессия, приурочена к тектонической зоне дробления нижнекембрийских карбонатных пород, протягивающейся полосой от устья пади Котихи до устья пади Каменки между коренным склоном и рекой Ангарой (Братским водохранилищем с 1967 г.). Цель настоящего исследования заключалась в изучении особенностей формирования, источников питания и гидрогеохимических условий данного месторождения на основании анализа результатов гидрогеологических работ, осуществленных за период с 1968 по 2012 г. Методология исследования заключалась в поиске участка с высокими коллекторскими свойствами и качеством подземных вод, отвечающим питьевым требованиям, который находится в области влияния границ постоянного напора (привлекаемые ресурсы реки Ангары), с использованием комплексного геоморфологического анализа. Описываемое месторождение характеризуется мощностью водоносного горизонта от 13 до 38,7 м, сложено закарстованными карбонатными отложениями. Коэффициент водопроницаемости составил 1284–2500 м²/сут., дебиты скважин изменялись от 4,88 л/с (422 м³/сут.) до 18,2 л/с (1572 м³/сут.) при понижениях соответственно 0,78–1 м. Качественный состав подземных вод удовлетворяет стандартам, за пределами месторождения качественные показатели ухудшаются. В ходе работы авторами были изучены неотектонические условия формирования месторождения питьевых подземных вод, обладающих качеством, удовлетворяющим требованиям централизованного водоснабжения, основным источником питания которого являются привлекаемые ресурсы Братского водохранилища.

Ключевые слова: месторождение пресных подземных вод, гидравлическая депрессия, централизованное водоснабжение, привлекаемые ресурсы

Для цитирования: Кураничева А.И., Ланкин Ю.К., Наумова О.О., Верхозина Е.С. Особенности формирования Свирского месторождения пресных подземных вод // Науки о Земле и недропользование. 2023. Т. 46. № 2. С. 190–200. <https://elibrary.ru/wuxdvg>, <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2023-46-2-190-200>.

GEOLOGY, PROSPECTING AND EXPLORATION
OF SOLID MINERALS, MINERAGENCY

Original article

Formation features of the Svirsk fresh groundwater deposit

Anna I. Kuranicheva^а, Yuriy K. Lankin^б, Olga O. Naumova^с, Elizaveta S. Verkhovina^д^аInstitute of the Earth's Crust SB RAS, Irkutsk, Russia^{б-д}Territorial Center for State Monitoring of the Subsoil State in the Irkutsk Region
of the Siberian Regional Center for State Monitoring of the Subsoil State
(branch of the Federal State Budget Institution "Gidrospetsgeologiya"), Irkutsk, Russia

© Кураничева А.И., Ланкин Ю.К., Наумова О.О., Верхозина Е.С., 2023



Abstract. The object of the study is the Svirsk deposit of fresh groundwater located in the central part of the Irkutsk artesian basin of the second order, which is a part of the Angara-Lena artesian basin of the first order (Irkutsk region, Russia). Geologically, the area under investigation is located within the Pre-Sayan depression, which is complicated by the Irkutsk basement bench. The studied Svirsk hydraulic depression is confined to the tectonic crush zone of the Lower Cambrian carbonate rocks stripping from the mouth of the Kotikha river valley to the mouth of the Kamenka river valley between the bedrock slope and the Angara river (Bratsk reservoir since 1967). The purpose of this study is to study the formation features, supply sources and hydrogeochemical conditions of the deposit based on the analysis of hydrogeological work carried out over the period from 1968 to 2012. The research methodology includes the search for a site with high reservoir properties and high quality of groundwater meeting drinking requirements, which is located in the influence area of constant head boundaries (attracted resources of the Angara river) using a comprehensive geomorphological analysis. The described deposit is characterized by the aquifer thickness from 13 to 38.7 m, composed of karst carbonate deposits. The water conductivity coefficient is 1284–2500 m²/day, well flow rates vary from 4.88 l/s (422 m³/day) to 18.2 l/s (1572 m³/day) with a decrease of 0.78–1 m respectively. The qualitative composition of groundwater meets the standards, whereas outside the field, quality indicators deteriorate. The authors have studied the neotectonic formation conditions of the deposit of underground drinking water, whose quality meets the requirements of the centralized water supply, the main source of which is the attracted resources of the Bratsk reservoir.

Keywords: fresh groundwater deposit, hydraulic depression, centralized water supply, attracted resources

For citation: Kuranicheva A.I., Lankin Yu.K., Naumova O.O., Verkhovina E.S. Formation features of the Svirsk fresh groundwater deposit. *Nauki o Zemle i nedropol'zovanie = Earth sciences and subsoil use*. 2023;46(2):190-200. (In Russ.). <https://elibrary.ru/wuxdvg>, <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2023-46-2-190-200>.

Введение

Водоснабжение населения г. Черемхово и Свирск до недавнего времени осуществлялось за счет поверхностных вод (р. Ангара) из поверхностного водозабора, расположенного вблизи г. Свирска. Вода в г. Черемхово подается через очистные сооружения по трем водоводам длиной по 7,5 км. В поверхностных водах акватории р. Ангара, по данным Гидрометцентра, за последние десять лет наблюдается увеличение взвешенных частиц, трудноокисляемых органических соединений и концентрации ртути [1–3]. Содержание фенолов, нефтепродуктов, ртути и пестицидов превышает предельно допустимые концентрации [4, 5]. Непосредственно в питьевой воде из водозаборных кранов отмечается значительная концентрация хлор-фенольных соединений, диоксидов и пестицидов¹. Вопрос перевода водоснабжения этих городов на защищенные от загрязнения подземные воды ставился неоднократно [6, 7].

Юрский и кембрийский водоносные комплексы подземных вод, эксплуатируемые одиночными водозаборными скважинами, имеют низкий модуль прогнозных эксплуатационных ресурсов. К тому же юрские отложения на значительных площадях дренированы в резуль-

тате шахтного водоотлива, а кембрийские содержат пресные воды лишь в самой верхней части разреза. В настоящее время единственным возможным источником улучшения качества питьевой воды является инфильтрационный водозабор Свирского месторождения пресных подземных вод.

Материалы и методы исследования

Исследуемая территория расположена на юге Сибирской платформы в пределах Предсаянского прогиба, осложненного Иркутским выступом фундамента [1, 8, 9]. Иркутский выступ фундамента характеризуется тем, что значительная часть осадочной толщи платформы здесь размыта в домезозойское время и на дневную поверхность выходят карбонатные породы нижнего кембрия. В мезозое вдоль Саянского хребта сформировался Предсаянский прогиб, заполненный юрскими осадками. На юге прогиба образовалась юрская мезозойская впадина, в пределах которой находится площадь исследований. В кайнозое по ослабленным тектоническим зонам заложена современная система долин рек, где в настоящее время широко развиты четвертичные рыхлые аллювиальные образования.

¹ Программа гидрогеологических работ для водоснабжения населенных пунктов Иркутской области (отчет по работам Иркутского территориального центра государственного мониторинга геологической среды ФГУП «Иркутск-геология» в 2004 г.) / отв. исп. Г.А. Сидякова // Иркутский территориальный центр государственного мониторинга геологической среды. Иркутск, 2005.



Гидрогеологические особенности территории обусловлены также неотектоническими условиями, связанными с ее расположением на приподнятом крыле палеовпадины Иркутского угленосного бассейна (рис. 1). Таким образом, геологический разрез района в пределах глубины изучения представлен породами четвертичной, юрской и кембрийской систем (рис. 2, 3) [10].

Возможность добычи подземных вод в районе г. Свирска из карстового коллектора выявлена по данным исследований по строительству Бархатовской гидроэлектростанции²⁻⁴. В процессе этих работ впервые охарактеризована и в дальнейшем подтверждена крупномасштабной гидрогеологической съемкой закарстованная зона нижнекембрийских отложений [11, 12], протягивающаяся вдоль Братского водохранилища. В ее пределах зафиксирована высокая водопроницаемость, а также прослеживаются обратные уклоны зеркала подземных вод от водохранилища в сторону склона (так называемая Свирская депрессия). Наличие депрессии в урвеной поверхности подтверждается режимными наблюдениями, проводимыми Иркутским территориальным центром государственного мониторинга геологической среды с 1961 г. Во время проведения гидрогеологических съемочных работ величина обратного уклона зеркала грунтовых вод составляла 0,0001–0,00065, после наполнения Братского водохранилища она увеличилась и в зависимости от сезонов года изменяется от 0,001 до 0,00025⁵.

Свирская депрессия является закарстованной зоной, протягивающейся вдоль Братского водохранилища на 20 км в меридиональном направлении [10]. Она приурочена к тектонической зоне дробления нижнекембрийских карбонатных пород и протягивается полосой от устья пади Котихи до устья пади

Каменки между коренным склоном и р. Ангрой (Братским водохранилищем с 1967 г.) (см. рис. 1). В районе г. Свирска максимальная ширина карстовой зоны (Свирской депрессии) достигает 2 км.

Водовмещающими породами Свирского месторождения являются неравномерно закарстованные и трещиноватые известняки и доломиты. Карст и интенсивная трещиноватость развиты до глубины 50–80 м [12]. Участки пород имеют исключительно высокую степень трещиноватости и закарстованности, а значит, обладают и высокой водопроницаемостью [13, 14]. Они чередуются без всякой видимой закономерности с участками слаботрещиноватых, практически монолитных пород с очень низкой водопроницаемостью [11, 15–21]. Карст часто заполнен глиной. Закарстованная зона отделяется от Братского водохранилища слабопроницаемым «барьером» [9].

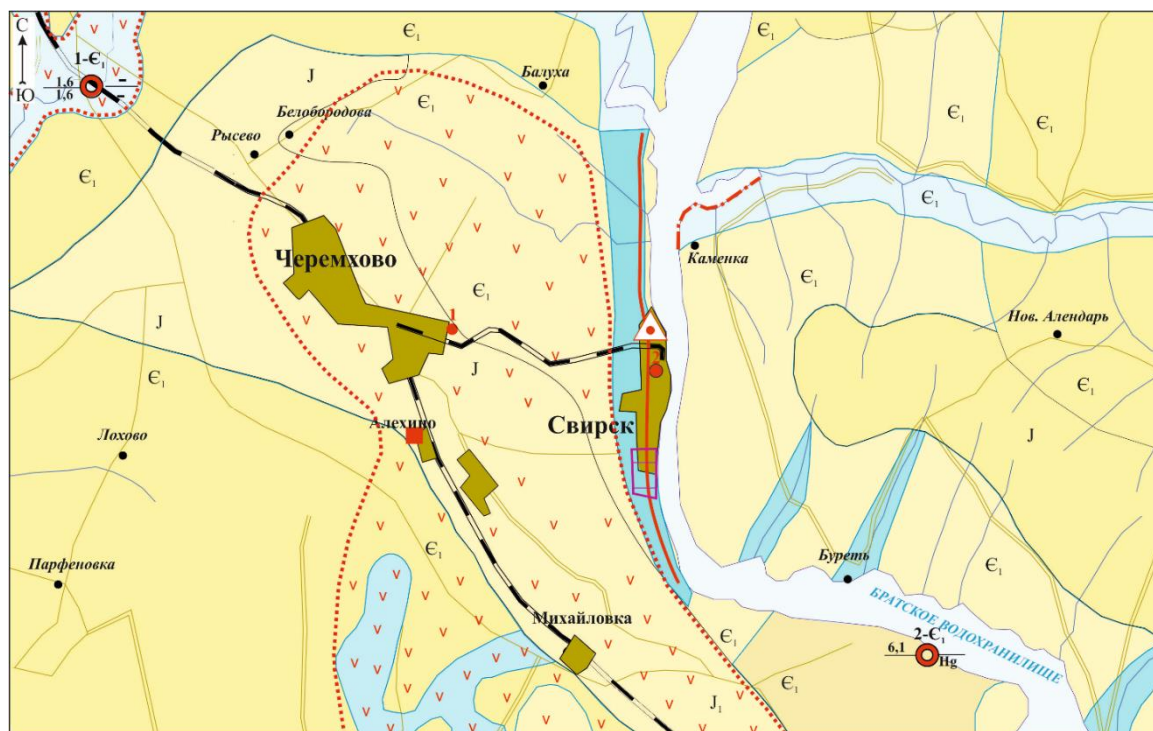
Ширина «барьера» со стороны водохранилища изменяется от 50 до 600 м. На отдельных участках он отсутствует, что определяет свободное поступление воды в закарстованную зону из водохранилища. Еще одним важным фактором формирования запасов подземных вод на исследуемой территории являются высокие фильтрационные свойства карбонатного коллектора, примыкающего к акватории водохранилища, что обуславливает возможность добычи подземных вод за счет привлекаемых ресурсов. В пределах тектонической зоны дробления прослеживался поток грунтовых вод, направленный от водохранилища в сторону склона. Таким образом, запасы подземных вод обеспечиваются естественным геофильтрационным потоком, который формируется за счет перепада уровня между водами Свирской депрессии и Братского водохранилища (рис. 4).

² Соколов Н.И. Материалы по геологии и карсту района Бархатовской ГЭС // Иркутский филиал ФБУ «Территориальный фонд геологической информации по Сибирскому федеральному округу» № 478. М.: Изд-во МОСГИДЭП, 1933.

³ Флоренсов Н.А. Отчет об инженерно-геологических исследованиях в районе Бархатовской ГЭС. М.: Изд-во МОСГИДЭП, 1934.

⁴ Зернова Э.П. Бархатовская ГЭС на р. Ангаре // Иркутский филиал ФБУ «Территориальный фонд геологической информации по Сибирскому федеральному округу» № 1056. М.: Изд-во МОСГИДЭП, 1955.

⁵ Ланкин Ю.К. Отчет о результатах работ по объекту «Поиски подземных вод для обеспечения водоснабжения г. Свирска Иркутской области» с оценкой запасов питьевых подземных вод по Свирскому месторождению по состоянию на 01.07.2012 г. Иркутск, 2012.



Составила Цицен О.О. по материалам Сидяковой Г.А., 2004 г.

Масштаб 1:250000
км 2,5 0 2,5 5 7,5



Fig. 1. Карта прогнозных эксплуатационных ресурсов г. Свирск⁶:

1–7 – линейные модули: 1 – 2–5 л/с·км², 2 – 1–2 л/с·км², 3 – 0,5–1 л/с·км², 4 – 0,1–0,5 л/с·км², 5 – менее 0,1 л/с·км², 6 – 50–100 л/с·км, 7 – более 500 л/с·км; 8 – границы и индексы основных эксплуатационных гидрогеологических подразделений; 9 – границы территорий с различными модулями прогнозных эксплуатационных ресурсов; 10 – водоносный комплекс отложений юры (песчаники, алевролиты, угли); 11 – водоносный комплекс отложений нижнего кембрия (доломиты, известняки); 12 – площади распространения подземных вод с природным качеством, не отвечающим санитарно-эпидемиологическим правилам и нормам по минерализации, жесткости, железу или марганцу; 13 – источники загрязнения подземных вод, промышленные объекты (тяжелые металлы, хлор, водород, цианиды, мышьяк): 1 – завод «Химик», 2 – мышьяковый завод; 14 – месторождения питьевых подземных вод (цифры вверху – номер месторождения и индекс водовмещающих пород; слева в числителе – утвержденные запасы, тыс. м³/сут., в знаменателе – запасы для промышленного освоения; справа в числителе – водоотбор, тыс. м³/сут., в знаменателе – компоненты, не соответствующие предельно допустимым концентрациям относительно санитарно-эпидемиологических правил и норм): 1 – Нотское месторождение, 2 – Новомальтинское месторождение; 15, 16 – условия защищенности подземных вод:

15 – условно защищенные, 16 – защищенные; 17 – исследуемая территория

Fig. 1. The map of the predicted operational resources of the town of Svirsk⁶:

1–7 – linear modules: 1 – 2–5 l/s·km², 2 – 1–2 l/s·km², 3 – 0.5–1 l/s·km², 4 – 0.1–0.5 l/s·km², 5 – less than 0.1 l/s·km², 6 – 50–100 l/s·km, 7 – more than 500 l/s·km; 8 – boundaries and indices of the main operational hydrogeological units; 9 – boundaries of the territories with different modules of predicted operational resources; 10 – water-bearing complex of Jurassic deposits (sandstones, siltstones, coals); 11 – aquifer complex of the Lower Cambrian deposits (dolomites, limestones); 12 – distribution areas of groundwater with a natural quality that does not meet sanitary and epidemiological rules and standards for mineralization, hardness, iron or manganese; 13 – sources of groundwater pollution, industrial facilities (heavy metals, chlorine, hydrogen, cyanides, arsenic): 1 – Khimik Plant, 2 – arsenic plant; 14 – deposits of drinking groundwater (numbers at the top – deposit number and index of water-bearing rocks; numbers on the left in the numerator – approved reserves, thousand m³/day, in the denominator – reserves for industrial development; on the right in the numerator – water withdrawal, thousand m³/day, in the denominator – components that do not meet the maximum permissible concentrations relative to sanitary and epidemiological rules and norms): 1 – Notskoye deposit, 2 – Novomal'tinskoye deposit; 15, 16 – groundwater protection conditions: 15 – conditionally protected, 16 – protected; 17 – area under investigation

⁶ Материалы Иркутского территориального центра государственного мониторинга геологической среды 2012 г.

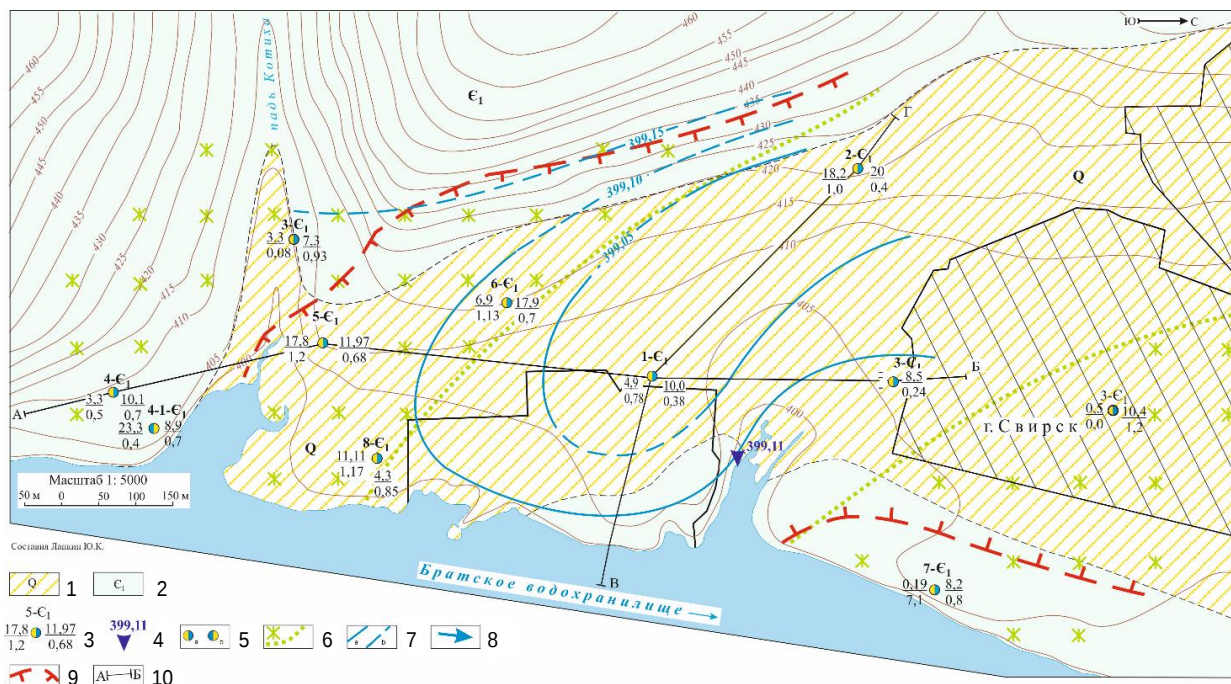


Fig. 2. Гидрогеологическая карта Свирского месторождения пресных подземных вод⁷:

1 – слабоводоносный комплекс четвертичных отложений (суглинки); 2 – водоносный комплекс карбонатных отложений нижнего кембрия (доломиты); 3 – гидрогеологическая скважина (цифры вверху – номер и геологический индекс водовмещающих пород; слева в числителе – дебит, л/с, в знаменателе – понижение, м; справа в числителе – глубина залегания уровня воды, м, в знаменателе – минерализация, г/л; окраска соответствует химическому составу воды); 4 – репер на урезе водохранилища (цифра – абсолютная отметка уровня воды, м); 5 – состав подземных вод: а – сульфатно-гидрокарбонатный, б – гидрокарбонатно-сульфатный; 6 – граница области распространения подземных вод с повышенной жесткостью; 7 – гидроизогипсы на 24 октября 2011 г.: а – установленные, б – предполагаемые; 8 – направление движения подземных вод; 9 – контур тектонической зоны дробления; 10 – линия гидрогеологического разреза

Fig. 2. The hydrogeological map of the Svirsk deposit of fresh groundwater⁷:

1 – weakly water-bearing complex of Quaternary deposits (loams); 2 – aquifer complex of carbonate deposits of the Lower Cambrian (dolomites); 3 – hydrogeological well (numbers at the top – the number and geological index of water-bearing rocks; on the left in the numerator – flow rate, l/s, in the denominator – lowering, m; on the right in the numerator – the depth of the water level, m, in the denominator – mineralization, g/l; color corresponds to the chemical composition of water); 4 – benchmark at the edge of the reservoir (figure – absolute mark of the water level); 5 – groundwater composition: a – sulfate-hydrocarbonate, b – hydrocarbonate-sulfate; 6 – boundary of the distribution area of groundwater with increased rigidity; 7 – hydroisohypses as of October 24, 2011: a – determined, b – assumed; 8 – groundwater flow direction; 9 – contour of the tectonic crush zone; 10 – line of the hydrogeological section

Результаты исследования и их обсуждение

Закарстованные карбонатные отложения нижнего кембрия характеризуются высокими фильтрационными показателями. В процессе опытно-фильтрационных работ дебит скважин изменялся от 4,88 л/с (422 м³/сут.) до 18,2 л/с (1572 м³/сут.) при понижениях соответственно 0,78–1 м. Коэффициент водопроницаемости составил 1284–2500 м²/сут., коэффициент фильтрации изменялся от 44 до 220 м/сут. Карсто-

вый коллектор также имеет высокий коэффициент активной водоотдачи, который составляет 0,2⁸.

Запасы месторождения питьевых подземных вод по категории С₂ составляют 10 тыс. м³/сут., прогнозные ресурсы категории Р₁ – 46,9 тыс. м³/сут. Общее количество оцененных запасов и прогнозных ресурсов питьевых подземных вод водоносного комплекса карбонатных отложений нижнего кембрия составляет 56,9 тыс. м³/сут.⁹.

⁷ Материалы Иркутского территориального центра государственного мониторинга геологической среды 2012 г.

⁸ Ланкин Ю.К. Отчет о результатах работ по объекту «Поиски подземных вод для обеспечения водоснабжения г. Свирска Иркутской области» с оценкой запасов питьевых подземных вод по Свирскому месторождению по состоянию на 01.07.2012 г. Иркутск, 2012.

⁹ Там же.

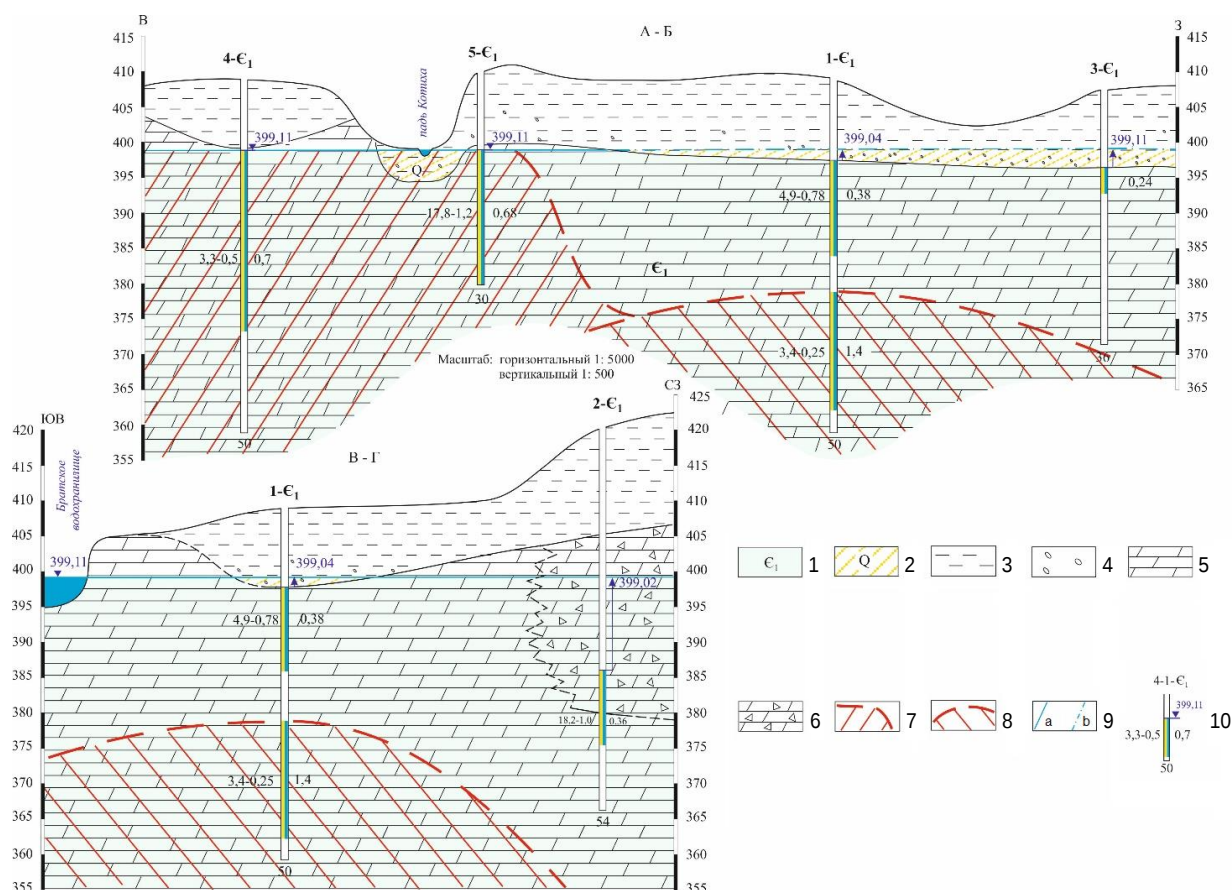


Fig. 3. Гидрогеологические разрезы к гидрогеологической карте Свирского месторождения пресных подземных вод (см. рис. 2)¹⁰:

1 – водоносный комплекс карбонатных отложений нижнего кембрия; 2 – слабоводоносный комплекс четвертичных аллювиальных отложений; 3 – суглинки; 4 – галечник; 5 – доломиты, известняки; 6 – брекчии; 7 – зона подземных вод с жесткостью, превышающей питьевые нормативы; 8 – зона подземных вод с повышенной жесткостью и минерализацией, превышающими питьевые нормативы; 9 – уровень подземных вод: а – грунтовых, b – напорных; 10 – скважина (цифры вверху – номер и индекс возраста водовмещающих пород, внизу – глубина, м, слева – дебит, л/с, и понижение, м, справа – минерализация, г/л; у треугольника или стрелки абсолютная отметка уровня подземных вод, м, приведена по состоянию на 24 октября 2010 г.; цветом показан сульфатно-гидрокарбонатный химический состав подземных вод)

Fig. 3. Hydrogeological sections to the hydrogeological map of the Svirsk deposit of fresh groundwater (see fig. 2)¹⁰:

1 – aquifer complex of carbonate deposits of the Lower Cambrian; 2 – weakly water-bearing complex of Quaternary alluvial deposits; 3 – loams; 4 – pebbles; 5 – dolomites, limestones; 6 – breccias; 7 – groundwater zone with the hardness exceeding drinking water standards; 8 – zone of underground waters with increased hardness and mineralization exceeding drinking standards; 9 – groundwater level: a – groundwater, b – head; 10 – well (figures at the top – number and age index of water-bearing rocks, at the bottom – depth, m, on the left – flow rate, l/s, and lowering, m, on the right – mineralization, g/l; the triangle or arrow has the absolute mark of the groundwater level, m, as of October 24, 2010; the color indicates the sulfate-hydrocarbonate chemical composition of groundwater)

По составу подземные воды Свирского месторождения подземных вод сульфатно-гидрокарбонатные магниевые-кальциевые или кальциевые-магниевые. Минерализация изменяется от 0,4 до 0,7 г/л, жесткость – от 4 до 7 ммоль/л¹¹. С глубин скважин более 30 м подземные воды

на данной территории имеют повышенную минерализацию, превышающую 1 г/л. За пределами зоны тектонического дробления качество подземных вод также не отвечает питьевым требованиям по жесткости, нередко и минерализации [10].

¹⁰ Материалы Иркутского территориального центра государственного мониторинга геологической среды 2012 г.

¹¹ Ланкин Ю.К. Отчет о результатах работ по объекту «Поиски подземных вод для обеспечения водоснабжения г. Свирска Иркутской области» с оценкой запасов питьевых подземных вод по Свирскому месторождению по состоянию на 01.07.2012 г. Иркутск, 2012.

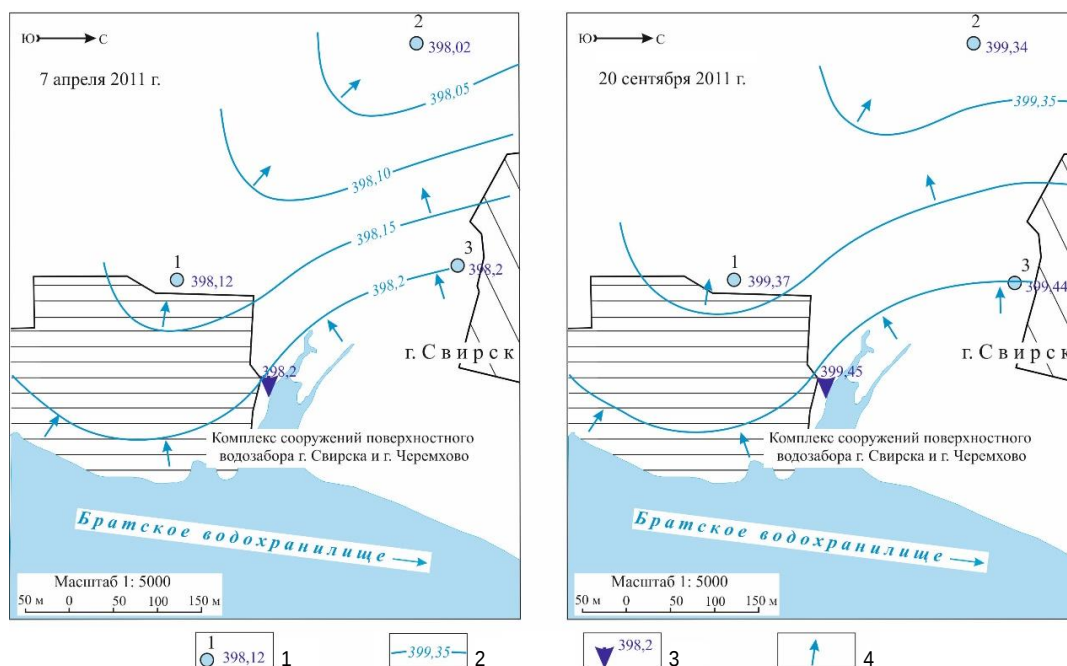


Fig. 4. Схемы гидроизогипс при минимальных и максимальных уровнях поверхностных и подземных вод¹²:

1 – скважина (цифры вверху – номер, слева – абсолютная отметка уровня подземных вод, м;
2 – гидроизогипсы; 3 – репер на водохранилище (цифра – абсолютная отметка уровня водохранилища, м);
4 – направление движения подземных вод

Fig. 4. Diagrams of hydroisogypsum at minimum and maximum levels of surface and groundwater¹²:

1 – well (figures at the top – number, on the left – absolute groundwater level mark, m; 2 – hydroisohypses;
3 – benchmark on the reservoir (the figure is the absolute mark of the level of the reservoir, m);
4 – groundwater flow direction

Таким образом, благоприятные условия для формирования исследуемого месторождения складывались под влиянием неотектонических особенностей [7]. Свирское месторождение находится в локальном неотектоническом понижении, которое, в свою очередь, расположено в более крупном неотектоническом поднятии¹³ [1, 2, 22, 23]. Вследствие этого на территории вблизи месторождения прослеживается купол соленоватых вод, разгружающихся в р. Ангару. В прибрежной зоне водохранилища питание поверхностным водоемом хорошего карбонатного коллектора нижнекембрийских отложений, имеющего высокие фильтрационные показатели, происходит ограниченно – лишь на отдельных участках. Таким участком и является Свирское месторождение. Здесь поток подземных вод направлен в сторону склона от акватории и

возможно получение фильтрационных вод водохранилища.

Заключение

На основании вышеизложенного авторами сделан вывод о том, что неотектонические условия являются одним из факторов формирования запасов месторождений пресных подземных вод, благодаря которым сформировались особые гидрогеологические условия. За счет вытянутой в меридиональном направлении зоны закарстованных, сильно трещиноватых карбонатных пород, обладающей высокими фильтрационными свойствами, отделенной от реки слабопроницаемым «барьером» – Свирской гидравлической депрессией, а также обратного уклона зеркала подземных вод от водохранилища в сторону склона происходит фильтрация потока под-

¹² Материалы Иркутского территориального центра государственного мониторинга геологической среды 2012 г.

¹³ Информационный отчет по разработке предварительной основы обновленной легенды Государственных гидрогеологических карт Ангаро-Ленского артезианского бассейна масштаба 1:200000 за период работ 2000–2001 гг. / отв. исп. Ю.К. Ланкин // Иркутский территориальный центр государственного мониторинга геологической среды. Иркутск, 2002.



земных вод из Братского водохранилища. В результате благодаря наличию постоянного питания водоносного горизонта за счет привлекаемых ресурсов обеспечиваются необходимый объем и качество извлекаемой воды [21]. Свирское месторождение пресных под-

земных вод служит ярким примером того, что значительные запасы пресных подземных вод, достаточные для удовлетворения водопотребности крупных населенных пунктов, формируются за счет боковой фильтрации поверхностных вод.

Список источников

1. Кураничева А.И., Ланкин Ю.К. Неотектонические особенности формирования Кийского месторождения питьевых подземных вод // Строение литосферы и геодинамика: материалы XXIX Всерос. молодеж. конф. (г. Иркутск, 11–16 мая 2021 г.). Иркутск: Изд-во ИЗК СО РАН, 2021. С. 151–152. <https://elibrary.ru/evkdm1>.
2. Кураничева А.И., Ланкин Ю.К., Наумова О.О. Неотектонические условия формирования и локализация запасов подземных вод переуглубленных участков долины реки Кий // Науки о Земле и недропользование. 2021. Т. 44. № 3. С. 253–260. <https://elibrary.ru/kzovnv>, <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2021-44-3-253-260>.
3. Алексеев С.В., Алексеева Л.П., Готов В.Е., Иванова Т.П., Кулаков В.В., Ланкин Ю.К. [и др.]. Состояние питьевого водоснабжения на базе подземных вод в Сибири и на Дальнем Востоке // Подземные воды востока России: материалы Всерос. совещ. по подземным водам Востока России (XXII Совещ. по подземным водам Сибири и Дальнего Востока) (г. Новосибирск, 18–22 июня 2018 г.). Новосибирск: Изд-во НГУ, 2018. С. 4–20. <https://elibrary.ru/utrvft>.
4. Блохин Ю.И., Лунова Т.Е. Мониторинг промышленного загрязнения подземных вод на территории Иркутской области // Подземная гидросфера: материалы Всерос. совещ. по подземным водам Востока России (XX Совещ. по подземным водам Сибири и Дальнего Востока) (г. Иркутск, 18–22 июня 2012 г.). Иркутск: Географ, 2012. С. 445–449.
5. Шенькман Б.М. Гидрогеопульмология промышленных зон Иркутской области // Подземная гидросфера: материалы Всерос. совещ. по подземным водам Востока России (XX Совещ. по подземным водам Сибири и Дальнего Востока) (г. Иркутск, 18–22 июня 2012 г.). Иркутск: Географ, 2012. С. 499–503.
6. Зекцер И.С., Каримова О.А., Четверикова А.В. Роль подземных вод в хозяйственно-питьевом водоснабжении городского населения // Фундаментальные и прикладные проблемы гидрогеологии: материалы Всерос. совещ. по подземным водам Востока России (XXI Совещ. по подземным водам Сибири и Дальнего Востока) (г. Якутск, 22–28 июня 2015 г.). Якутск: Изд-во ИМЗ СО РАН, 2015. С. 32–34.
7. Лунова Т.Е., Ланкин Ю.К. Морфотектонические условия локализации ресурсов подземных вод в Ангара-Ленском артезианском бассейне // Подземная гидросфера: материалы Всерос. совещ. по подземным водам Востока России (XVIII Совещ. по подземным водам Сибири и Дальнего Востока) (г. Иркутск, 19–23 июня 2006 г.). Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2006. С. 281–284.
8. Материалы Всесоюз. совещ. по геоморфологии и неотектонике Сибири и Дальнего Востока. В 3 т. Т. II. Проблемы геоморфологии и неотектоники орогенных областей Сибири и Дальнего Востока / отв. ред. Н.А. Флоренсов. Новосибирск: Наука, 1968. 366 с.
9. Малич Н.С. Тектоническое развитие чехла Сибирской платформы. М.: Недра, 1975. 215 с.
10. Могилович А.Г. Перспективы поисков пресных подземных вод в Черемховском Приангарье (Свирское месторождение подземных вод) // Месторождения подземных вод Иркутской области. Методика поисков, разведки и оценки запасов: сб. ст. / ред. Е.В. Пиннекер, П.И. Трофимук. Л.: Недра, 1974. С. 132–135.
11. Гидрогеология СССР / глав. ред. А.В. Сидоренко. Т. XIX. Иркутская область / ред. тома В.Г. Ткачук. М.: Недра, 1968. 496 с.
12. Пиннекер Е.В., Писарский Б.И., Ломоносов И.С., Колдышева Р.Я., Диденко А.А., Шерман С.И. Гидрогеология Прибайкалья. М.: Наука, 1968. 170 с.
13. Кирюхин В.А., Норова Л.П. Переуглубленные долины – особые элементы гидрогеологической среды // Подземная гидросфера: материалы Всерос. совещ. по подземным водам Востока России (XX Совещ. по подземным водам Сибири и Дальнего Востока) (г. Иркутск, 18–22 июня 2012 г.). Иркутск: Географ, 2012. С. 82–86.
14. Шенькман Б.М., Шенькман И.Б. Локализация подземного стока в Ангара-Ленском артезианском бассейне // Подземная гидросфера: материалы Всерос. совещ. по подземным водам Востока России (XX Совещ. по подземным водам Сибири и Дальнего Востока) (г. Иркутск, 18–22 июня 2012 г.). Иркутск: Географ, 2012. С. 408–412.
15. Степанов В.М. Введение в структурную гидрогеологию. М.: Недра, 1989. 228 с.
16. Дэвис С., де Уист Р. Гидрогеология. Т. II / пер. с англ.; ред. В.Н. Кунин, И.С. Зекцер. М.: Мир, 1970. 255 с.
17. Church M., Ferguson R.I. Morphodynamics: rivers beyond steady state // Water Resources Research. 2015. Vol. 51. Iss. 4. P. 1883–1897. <https://doi.org/10.1002/2014WR016862>.
18. Wright N., Crosato A. The hydrodynamics and morphodynamics of rivers // Treatise on Water Science. 2011. Vol. 2. P. 135–156. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53199-5.00033-6>.
19. Syvitski J.P.M., Slingerland R.L., Burgess P., Murray A.B., Wiberg P., Tucker G., Voinov A. Morphodynamic models: an overview // River, coastal and estuarine morphodynamics / eds. C.A. Vionnet, M.H. Garcia, E.M. Latrubesse, G.M.E. Perillo. London: Taylor & Francis, 2010. P. 3–20.
20. Auge M. Hydrogeology of plains. Cham: Springer, 2016. 73 p.
21. Treatise on geomorphology / ed. J.F. Shroder. San



Diego: Academic Press, 2013. 6386 p.

22. Кураничева А.И., Ланкин Ю.К., Наумова О.О., Вахромеев А.Г. Особенности формирования месторождения пресных подземных вод Черемуховый куст (Иркутский артезианский бассейн) // Геология, поиски и разведка полезных ископаемых и методы геологических исследований: материалы Междунар. науч.-техн. конф. «Геонауки-2022». Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2022.

С. 12–19. <https://elibrary.ru/phrkij>.

23. Кураничева А.И., Ланкин Ю.К. Особенности формирования Зиминского месторождения пресных подземных вод (Ангаро-Ленский артезианский бассейн) // Молодые – наукам о Земле: тезисы докл. X Междунар. науч. конф. молодых ученых. (г. Москва, 31 марта – 1 апреля 2022 г.). М.: Изд-во МГРИ, 2022. В 7 т. Т. 3. С. 26–31. <https://elibrary.ru/cphivd>.

References

1. Kuranicheva A.I., Lankin Yu.K. Neotectonic formation features of the Kitoy deposit of drinking groundwater. In: *Stroenie litosfery i geodinamika: materialy XXIX Vseros. molodezh. konf. = Lithospheric structure and geodynamics: materials of 29th All-Russian youth conference*. 11–126 May 2021, Irkutsk. Irkutsk: Institute of the Earth's Crust SB RAS; 2021, p. 151–152. (In Russ.). <https://elibrary.ru/evkdml>.

2. Kuranicheva A.I., Lankin Y.K., Naumova O.O. Neotectonic formation and localization conditions of groundwater reserves in over-deepened sections of the Kitoy River valley. *Nauki o Zemle i nedropol'zovanie = Earth sciences and subsoil use*. 2021;44(3):253-260. (In Russ.). <https://elibrary.ru/kzovnv>, <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2021-44-3-253-260>.

3. Alekseev S.V., Alekseeva L.P., Glotov V.E., Ivanova T.P., Kulakov V.V., Lankin Yu.K., et al. Drinking groundwater supply in Siberia and the far east. In: *Podzemnye vody vostoka Rossii: materialy Vseros. soveshch. po podzemnym vodam Vostoka Rossii (XXII Soveshch. po podzemnym vodam Sibiri i Dal'nego Vostoka) = Underground waters of the East of Russia: materials of the All-Russian meeting on Groundwater of the East of Russia (The 22nd Meeting on Groundwater of Siberia and the Far East)*. 18–22 June 2018, Novosibirsk. Novosibirsk: Novosibirsk State University; 2018, p. 4–20. (In Russ.). <https://elibrary.ru/utrvft>.

4. Blokhin Yu.I., Luneva T.E. Monitoring industrial pollution of underground waters in the Irkutsk region. In: *Podzemnaya gidrosfera: materialy Vseros. soveshch. po podzemnym vodam Vostoka Rossii (XX Soveshch. po podzemnym vodam Sibiri i Dal'nego Vostoka) = Underground hydrosphere: materials of All-Russian meeting on Groundwater of the East of Russia (The 20th Meeting on groundwater of Siberia and the Far East)*. 18–22 June 2012, Irkutsk. Irkutsk: Geograf; 2012, p. 445–449. (In Russ.).

5. Shen'kman B.M. Hydrogeopurgology of industrial zones of the Irkutsk region. In: *Podzemnaya gidrosfera: materialy Vseros. soveshch. po podzemnym vodam Vostoka Rossii (XX Soveshch. po podzemnym vodam Sibiri i Dal'nego Vostoka) = Underground hydrosphere: materials of All-Russian meeting on groundwater of the East of Russia (The 20th Meeting on groundwater of Siberia and the Far East)*. 18–22 June 2012, Irkutsk. Irkutsk: Geograf; 2012, p. 499–503. (In Russ.).

6. Zektser I.S., Karimova O.A., Chetverikova A.V. The role of groundwater in domestic drinking water supply of urban population. In: *Fundamental'nye i prikladnye problemy gidrogeologii: materialy Vseros. soveshch. po podzemnym vodam Vostoka Rossii (XXI Soveshch. po podzemnym vodam Sibiri i Dal'nego Vostoka) = Fundamental*

and applied problems of hydrogeology: materials of All-Russian Meeting on Groundwater of the East of Russia (The 21st Meeting on groundwater of Siberia and the Far East). 22–28 June 2015, Yakutsk. Yakutsk: Melnikov Permafrost Institute SB RAS; 2015, p. 32–34. (In Russ.).

7. Luneva T.E., Lankin Yu.K. Morphotectonic conditions for groundwater resource localization in the Angara-Lena artesian basin. In: *Podzemnaya gidrosfera: materialy Vse-ros. soveshch. po podzemnym vodam Vostoka Rossii (XVIII Soveshch. po podzemnym vodam Sibiri i Dal'nego Vostoka) = Underground hydrosphere: materials of All-Russian Meeting on Groundwater of the East of Russia (The 18th Meeting on groundwater of Siberia and the Far East)*. 19–23 June 2006, Irkutsk. Irkutsk: Irkutsk State Technical University; 2006, p. 281–284. (In Russ.).

8. Florensov N.A. Proceedings of the All-Union meeting on geomorphology and neotectonics of Siberia and the Far East. In 3 vol. Vol. 2. *Problems of geomorphology and neotectonics of the orogenic regions of Siberia and the Far East*. Novosibirsk: Nauka; 1968. 366 p. (In Russ.).

9. Malich N.S. *Tectonic development of the Siberian platform cover*. Moscow: Nedra; 1975. 215 p. (In Russ.).

10. Mogilevich A.G. Fresh groundwater prospecting potential in the Cheremkhovo Angara region (Svirsk groundwater deposit). In: *Mestorozhdeniya podzemnykh vod Irkutskoi oblasti. Metodika poiskov, razvedki i otsenki zasposov = Groundwater deposits of the Irkutsk region. Methods of reserve prospecting, exploration and evaluation*. Leningrad: Nedra; 1974, p. 132–135. (In Russ.).

11. Tkachuk V.G. *Hydrogeology of the USSR. Vol. 19. Irkutsk region*. Moscow: Nedra; 1968. 496 p. (In Russ.).

12. Pinneker E.V., Pisarskii B.I., Lomonosov I.S., Koldysheva R.Ya., Didenko A.A., Sherman S.I. *Hydrogeology of the Baikal Region*. Moscow: Nauka; 1968. 170 p. (In Russ.).

13. Kiryukhin V.A., Norova L.P. Overdeepened valleys as special elements of the hydrogeological environment. In: *Podzemnaya gidrosfera: materialy Vseros. soveshch. po podzemnym vodam Vostoka Rossii (XX Soveshch. po podzemnym vodam Sibiri i Dal'nego Vostoka) = Underground hydrosphere: materials of All-Russian meeting on Groundwater of the East of Russia (The 20th Meeting on groundwater of Siberia and the Far East)*. 18–22 June 2012, Irkutsk. Irkutsk: Geograf; 2012, p. 82–86. (In Russ.).

14. Shen'kman B.M., Shen'kman I.B. Underground runoff localization in the Angara-Lena artesian basin. In: *Podzemnaya gidrosfera: materialy Vseros. soveshch. po podzemnym vodam Vostoka Rossii (XX Soveshch. po podzemnym vodam Sibiri i Dal'nego Vostoka) = Underground hydrosphere: materials of All-Russian meeting on Groundwater of the East of Russia (The 20th Meeting on ground-*



water of Siberia and the Far East). 18–22 June 2012, Irkutsk. Irkutsk: Geograf; 2012, p. 408–412. (In Russ.).

15. Stepanov V.M. *Introduction to structural hydrogeology*. Moscow: Nedra; 1989. 228 p. (In Russ.).

16. Davis S.N., de Wiest R.J.M. *Hydrogeology*. Vol. 2; 1966. 463 p. (Russ. ed.: *Gidrogeologiya*. Moscow: Mir; 1970. 255 p.).

17. Church M., Ferguson R.I. Morphodynamics: rivers beyond steady state. *Water Resources Research*. 2015; 51(4):1883-1897. <https://doi.org/10.1002/2014WR016862>.

18. Wright N., Crosato A. The hydrodynamics and morphodynamics of rivers // *Treatise on Water Science*. 2011;2:135-156. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53199-5.00033-6>.

19. Syvitski J.P.M., Slingerland R.L., Burgess P., Murray A.B., Wiberg P., Tucker G., Voinov A. Morphodynamic models: an overview. In: Vionnet C.A., Garcia M.H., Latruesse E.M., Perillo G.M.E. (eds.). *River, coastal and estuarine morphodynamics*. London: Taylor & Francis; 2010, p. 3–20.

20. Auge M. *Hydrogeology of plains*. Cham: Springer; 2016. 73 p.

21. Shroder J.F. *Treatise on geomorphology*. San Diego: Academic Press; 2013. 6386 p.

22. Kuranicheva A.I., Lankin Yu.K., Naumova O.O., Vakhromeev A.G. Formation features of the fresh groundwater deposit Cheremukhov Kust (Irkutsk artesian basin). In: *Geologiya, poiski i razvedka poleznykh iskopaemykh i metody geologicheskikh issledovaniy: materialy Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. "Geonauki-2022" = Geology, prospecting and exploration of minerals and methods of geological research: materials of the International scientific and technical conference. Geosciences-2022*. Irkutsk: Irkutsk National Research Technical University; 2022, p. 12–19. (In Russ.). <https://elibrary.ru/phrkij>.

23. Kuranicheva A.I., Lankin Yu.K. Formation features of the Zima deposit of fresh groundwater (Angara-Lena artesian basin). In: *Molodye – naukam o Zemle: tezisy dokl. X Mezhdunar. nauch. konf. molodykh uchenykh = The Young for the Earth Sciences: abstracts of the 10th International scientific conference of young scientists*. 31 March – 1 April 2022, Moscow. Moscow: Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting; 2022, in 7 vol., vol. 3, p. 26–31. (In Russ.). <https://elibrary.ru/cphivd>.

Информация об авторах / Information about the authors



Кураничева Анна Игоревна,
аспирант,
Институт земной коры СО РАН,
г. Иркутск, Россия,
✉ kuranicheva.ai@mail.ru
Anna I. Kuranicheva,
Postgraduate Student,
Institute of the Earth's Crust SB RAS,
Irkutsk, Russia,
✉ kuranicheva.ai@mail.ru



Ланкин Юрий Константинович,
ведущий специалист,
Территориальный центр государственного мониторинга состояния недр
по Иркутской области Сибирского регионального центра государственного
мониторинга состояния недр – филиала ФГБУ «Гидроспецгеология»,
г. Иркутск, Россия,
yur-lankin@yandex.ru
Yuriy K. Lankin,
Leading Specialist,
Territorial Center for State Monitoring of the Subsoil State in the Irkutsk Region
of the Siberian Regional Center for State Monitoring of the Subsoil State
(branch of the Federal State Budget Institution "Gidrospegeologiya"),
Irkutsk, Russia,
yur-lankin@yandex.ru



Наумова Ольга Олеговна,
специалист,
Территориальный центр государственного мониторинга состояния недр
по Иркутской области Сибирского регионального центра государственного
мониторинга состояния недр – филиала ФГБУ «Гидроспецгеология»,
г. Иркутск, Россия,
jalo_1985@mail.ru

**Olga O. Naumova,**

Specialist,

Territorial Center for State Monitoring of the Subsoil State in the Irkutsk Region
of the Siberian Regional Center for State Monitoring of the Subsoil State
(branch of the Federal State Budget Institution "Gidrospetsgeologiya"),
Irkutsk, Russia,
jalo_1985@mail.ru

**Верховина Елизавета Сергеевна,**

специалист,

Территориальный центр государственного мониторинга состояния недр
по Иркутской области Сибирского регионального центра государственного
мониторинга состояния недр – филиала ФГБУ «Гидроспецгеология»,
г. Иркутск, Россия,
olicava@mail.ru

Elizaveta S. Verkhovina,

Specialist,

Territorial Center for State Monitoring of the Subsoil State in the Irkutsk Region
of the Siberian Regional Center for State Monitoring of the Subsoil State
(branch of the Federal State Budget Institution "Gidrospetsgeologiya"),
Irkutsk, Russia,
olicava@mail.ru

Вклад авторов / Contribution of the authors

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
The authors contributed equally to this article.

Конфликт интересов / Conflict of interests

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interests.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.
The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

Информация о статье / Information about the article

Статья поступила в редакцию 24.04.2023; одобрена после рецензирования 24.05.2023; принята к публикации 08.06.2023.

The article was submitted 24.04.2023; approved after reviewing 24.05.2023; accepted for publication 08.06.2023.