



## MORPHOSTRUCTURAL-HYDROGEOLOGICAL ANALYSIS OF FORMATION CONDITIONS AND LOCALIZATION OF FRESH GROUNDWATER DEPOSITS IN THE UPPER HYDRODYNAMIC ZONE IRKUTSK ARTESIAN BASIN

A.I. Kuranicheva  

Institute of the Earth's Crust, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 128 Lermontov St, Irkutsk 664033, Russia

**ABSTRACT.** The key role of recent tectonics in the redistribution of the fresh groundwater resource base in the intensive water exchange zone is revealed. New approaches to the study of the conditions of formation and accumulation of groundwater in the upper hydrodynamic zone, as well as the assessment of their reserves and formation sources, were implemented through the integration of geomorphological and structural-hydrogeological criteria of water cut. A methodology is scientifically substantiated and hydrogeological criteria for searching for areas with localized fresh groundwater reserves in large depressions and elevations of the relief are developed. Based on a comprehensive hydrogeological and morphostructural analysis of the Irkutsk artesian basin of the second order (taking into account explored and evaluated deposits of fresh groundwater), the territory is detailed according to flow conditions, and high-performance collectors of the enclosing reservoirs are mapped (high filtration and transmissibility coefficients, renewable fresh groundwater reserves due to attracted resources – overflow from surface watercourses and reservoirs and natural resources – infiltration of atmospheric precipitation). The author outlines typical schemes of the formation of fresh groundwater deposits in the study area. Each scheme corresponds to deposits based on quantitative and qualitative characteristics, lithological and petrographic composition of water-bearing rocks, reservoir type and filtration indicators of production horizons, as well as the conditions of fresh groundwater formation. Deposits formed due to natural resources in positive direct and positive inverted morphostructures are distinguished. Based on the resources involved, deposits formed in positive direct, negative direct, and negative inverted morphostructures are distinguished. Within negative morphostructures (both direct and inverted), the production aquifers of fresh groundwater deposits are represented by pore-formation waters of loose Quaternary sediments. Within positive, straight morphostructures, fissure-formation and fissure-karst waters (outcrops of bedrock in which karst develops along fracture zones, forming a filtration field due to heterogeneous fracturing) of Jurassic and Paleozoic deposits are formed. Within positive, inverted morphostructures, fissure-formation waters of Jurassic deposits are formed.

**KEYWORDS:** neotectonics; morphostructural analysis; fresh groundwater reserves; domestic and drinking water supply; Irkutsk artesian basin; natural and attracted resources



EDN: QKAATC

### RESEARCH ARTICLE

**Correspondence:** Anna I. Kuranicheva, [kuranicheva.ai@mail.ru](mailto:kuranicheva.ai@mail.ru)

Received: December 9, 2025

Revised: March 11, 2026

Accepted: March 13, 2026

**FOR CITATION:** Kuranicheva A.I., 2026. Morphostructural-Hydrogeological Analysis of Formation Conditions and Localization of Fresh Groundwater Deposits in the Upper Hydrodynamic Zone Irkutsk Artesian Basin. *Geodynamics & Tectonophysics* 17 (3), 0896. doi:10.5800/GT-2026-17-3-0896

## МОРФОСТРУКТУРНО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ И ЛОКАЛИЗАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД ВЕРХНЕЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ ЗОНЫ ИРКУТСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА

А.И. Кураничева

Институт земной коры СО РАН, 664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 128, Россия

**АННОТАЦИЯ.** Раскрыта ключевая роль новейшей тектоники в перераспределении ресурсной базы пресных подземных вод зоны интенсивного водообмена. Новые подходы к изучению условий образования и накопления подземных вод верхней гидродинамической зоны, оценке их запасов и источников формирования реализованы через комплексирование геоморфологических и структурно-гидрогеологических критериев обводненности. Научно обоснована методология и разработаны гидрогеологические критерии поисков участков локализации запасов пресных подземных вод в крупных понижениях и возвышенностях рельефа. На основе комплексного гидрогеологического и морфоструктурного анализа Иркутского артезианского бассейна II порядка (с учетом разведанных и оцененных месторождений пресных подземных вод) территория детализирована по условиям стока, произведено картирование высокопроизводительных коллекторов вмещающих резервуаров (высокие коэффициенты фильтрации и водопроницаемости, возобновляемость запасов пресных подземных вод за счет привлекаемых ресурсов – перетекания из поверхностных водотоков и водоемов и естественных ресурсов – инфильтрации атмосферных осадков). Автором обозначены типовые схемы формирования месторождений пресных подземных вод исследуемой территории. Каждой схеме соответствуют месторождения по количественно-качественным характеристикам, литолого-петрографическому составу водовмещающих пород, типу коллекторов и фильтрационным показателям эксплуатационных горизонтов, а также по условиям формирования пресных подземных вод. Выделяются месторождения, образованные за счет естественных ресурсов в положительных прямых и положительных обращенных морфоструктурах. За счет привлекаемых ресурсов выделяются месторождения, сформированные в положительных прямых, отрицательных прямых и отрицательных обращенных морфоструктурах. В пределах отрицательных морфоструктур (как прямых, так и обращенных) эксплуатационные водоносные горизонты месторождений пресных подземных вод представлены порово-пластовыми водами рыхлых отложений четвертичного возраста. В пределах положительных прямых морфоструктур образуются трещинно-пластовые и трещинно-карстовые воды (обнажения коренных пород, в которых карст развивается по зонам дробления, образуя фильтрационное поле за счет неоднородной трещиноватости) юрских и палеозойских отложений. В пределах положительных обращенных морфоструктур формируются трещинно-пластовые воды юрских отложений.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** неотектоника; морфоструктурный анализ; запасы пресных подземных вод; хозяйственно-питьевое водоснабжение; Иркутский артезианский бассейн; естественные и привлекаемые ресурсы

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Новые подходы в исследовании закономерностей формирования ресурсов пресных подземных вод основываются на анализе конечного, неотектонического, этапа эволюции структуры Иркутского артезианского бассейна II порядка (далее – Иркутский артезианский бассейн) и его верхней гидродинамической зоны. Главная цель разработанных подходов – наиболее эффективное использование пресных подземных вод в целях хозяйственно-питьевого водоснабжения населения.

Проблематикой подземных вод Иркутского артезианского бассейна долгие годы занимались научные гидрогеологические школы Е.В. Пиннекера и В.М. Степанова, а также гидрогеологи производственных предприятий МИНГЕО СССР (ПГО «Иркутскгеология» и ряд других). Изучению неотектонического этапа эволюции юга Сибирской платформы посвящены работы выдающихся ученых: Н.А. Флоренсова, Н.А. Логачева, К.Г. Леви, В.П. Солоненко и многих других. Тектоническое строе-

ние юга Сибирской платформы исследовали М.М. Одинцов, С.В. Обручев, В.Е. Хаин, Н.С. Шатский, Г.Ф. Уфимцев. Задачи поисков, разведки и оценки запасов пресных подземных вод решались на протяжении почти века коллективами Института земной коры СО РАН, Ангарской геологической экспедиции, ПГО «Иркутскгеология».

В гидрогеологическом плане Иркутский артезианский бассейн расположен в юго-восточной части обширного Ангаро-Ленского артезианского бассейна I порядка (рис 1, а). В структурном отношении территория находится на юге Сибирской платформы, в пределах юго-восточной части Прибайкальской моноклизы, которую перекрывает мезозойская структура седиментогенной активизации (Иркутская впадина), осложненная новейшими структурами предрифтовой зоны – Предсаянским прогибом (рис. 1, б) и небольшой юго-западной частью Предбайкальского прогиба [State Geological Map..., 2009]. В мезозое вдоль горно-складчатых сооружений Восточного Саяна сформировался

Присяянский предгорный прогиб, заполненный юрскими осадками. На юге прогиба образовалась юрская мезозойская впадина, в пределах которой находится исследуемая территория [Zolotarev, Khrenov, 1981]. В кайнозой по ослабленным тектоническим зонам была заложена современная система долин рек, где распространены четвертичные рыхлые аллювиальные образования [Logachev, 1987].

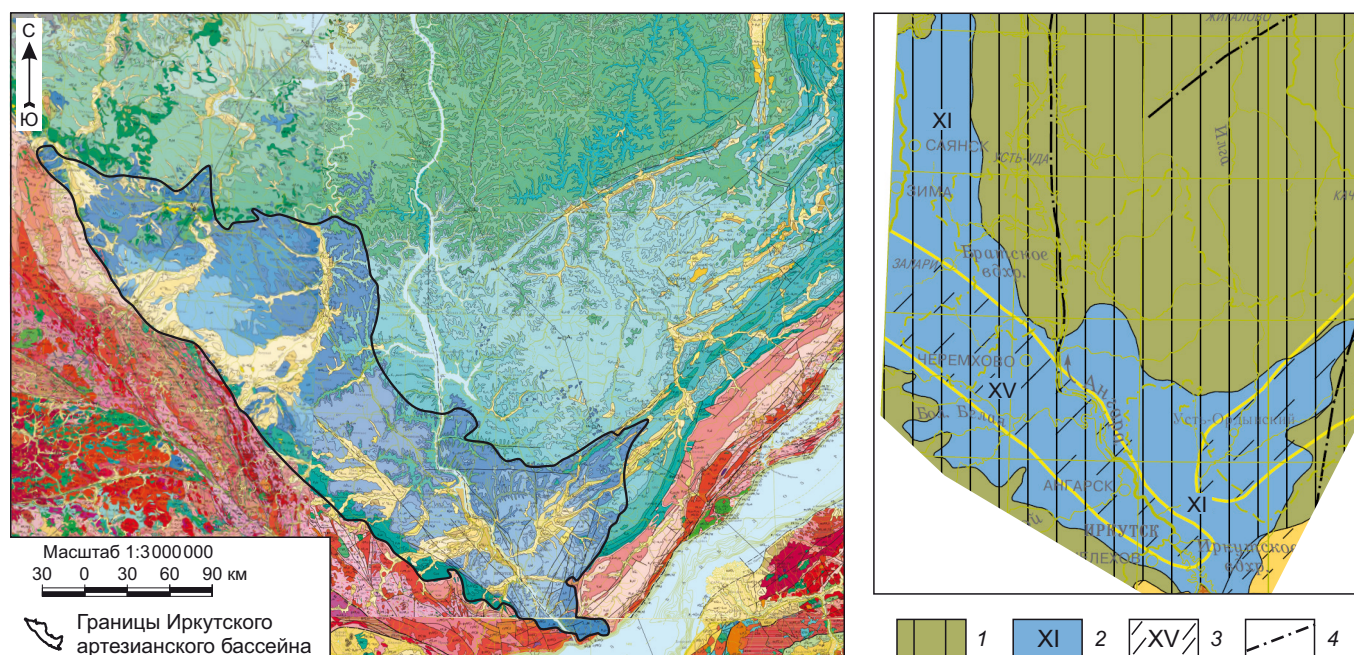
В геологическом строении Иркутского артезианского бассейна принимают участие образования палеозоя, мезозоя и кайнозоя. Палеозойские породы представлены кембрийскими карбонатными и ордовикскими карбонатно-терригенными образованиями, мезозойские – юрскими терригенными и кайнозойские – четвертичными отложениями.

Иркутский артезианский бассейн расположен в платформенной части бассейна, выделенной В.Г. Ткачук [Tkachuk et al., 1968], с водами в осадочных отложениях нижнего палеозоя и юры, что соответствует границам мезозойско-кайнозойского цикла тектонической активизации (без полосы развития терригенно-карбонатных нижнекембрийских отложений, протягивающейся на юге Иркутского артезианского бассейна вблизи горно-складчатых сооружений Восточного Саяна).

С 1960 г. в Иркутской области выполнен большой объем гидрогеологических исследований [Tkachuk et

al., 1968; Pinneker et al., 1968, 1980; Pinneker, 1956]. Необходимо отметить недостаточное внимание к ведущей роли разрывных тектонических нарушений в формировании сосредоточенных выходов пресных питьевых и соленых подземных вод [Stepanov, 1989]. На территории Иркутского артезианского бассейна, протягивающегося вдоль Транссибирской магистрали через города Иркутск – Ангарск – Усолье-Сибирское – Черемхово – Зима – Тулун, разведано более 40 месторождений питьевых подземных вод. Тем не менее полностью не решен вопрос обеспечения подземными водами крупных промышленных центров и сельских населенных пунктов, так как современное хозяйственно-питьевое водоснабжение крупных городских агломераций области базируется в основном на использовании поверхностных вод р. Ангары. Для территории характерна минимальная водообеспеченность подземными водами. К тому же все возрастающее загрязнение поверхностных вод [Sidyakova, 2005; Balobanenko, L'gotin, 2018; Blokhin, Luneva, 2012; Zhulmina, Balobanenko, 2021; Podkorytov, 2012; Shen'kman, 2012; Sholokhov, 2021] требует иного подхода к решению проблемы питьевого водоснабжения [Alexeev et al., 2018; Zektser et al., 2015; Luneva, Lankin, 2006; Morozov et al., 2011].

На долю Иркутского артезианского бассейна приходится 6.0 млн м<sup>3</sup>/сут прогнозных эксплуатационных ресурсов пресных подземных вод из 52.8 млн м<sup>3</sup>/сут



**Рис. 1.** Схема расположения Иркутского артезианского бассейна по И.С. Ломоносову [Tkachuk et al., 1968] (а) и схема тектонического районирования листа N-48 [State Geological Map..., 2009] (б).

1 – чехол платформы, Прибайкальская моноклиза; 2 – мезозойская структура седиментационной активизации (Иркутская впадина); 3 – новейшая структура предрифтовой зоны (Предсаянский прогиб); 4 – разломы, скрытые под вышележащими отложениями фундамента.

**Fig. 1.** The location of the Irkutsk artesian basin according to I.S. Lomonosov [Tkachuk et al., 1968] (a) and tectonic zoning scheme, sheet No. 48 [State Geological Map..., 2009] (b).

1 – platform cover, Pre-Baikal monocline; 2 – Mesozoic structure of sedimentary activation (Irkutsk depression); 3 – recent structure of the pre-rift zone (Pre-Sayan trough); 4 – faults buried beneath overlying basement deposits.

обширного Ангаро-Ленского артезианского бассейна I порядка [Sidyakova, 2005]. Здесь концентрируется одна из основных частей разведанных эксплуатационных запасов подземных вод Иркутской области, подготовленных для промышленного освоения, и значительная часть всех имеющихся в области одиночных и групповых централизованных водозаборов.

На основе материалов по количественно-качественным характеристикам месторождений пресных подземных вод Иркутского артезианского бассейна автором графически обоснована гипотеза о ведущей роли морфоструктурного фактора (закономерность соотношения «рельеф – геологическая структура») в локализации запасов пресных подземных вод [Alekseeva, 1990; Kurennoy, 1972; Seminsky et al., 2005; Seminsky, Tugarina, 2011; Pavlov, 2000]. Ниже кратко представлены результаты нового количественного научно-практического подхода, предназначенного для выделения территорий с различными условиями локализации пресных подземных вод.

## 2. МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

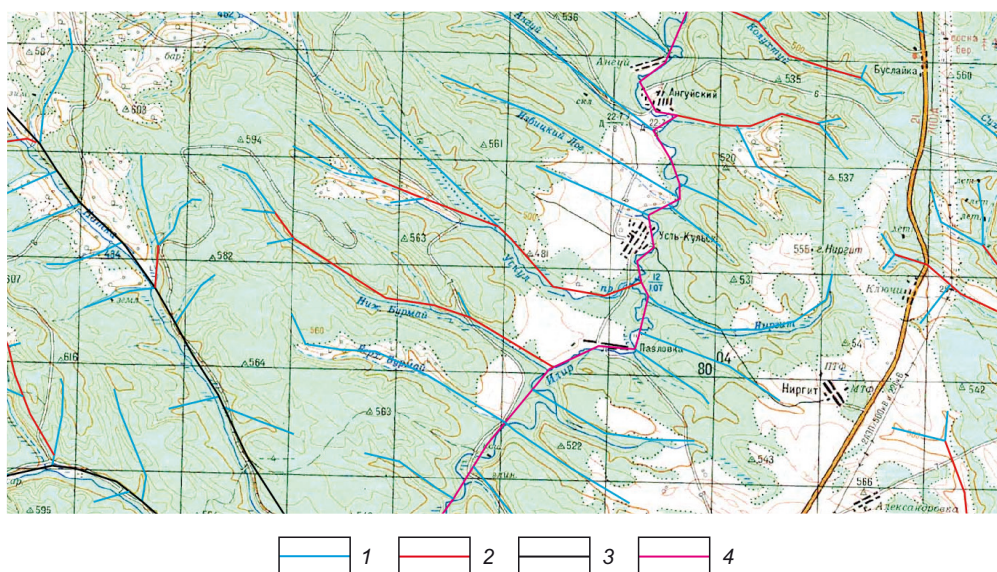
Представленная работа, по мнению автора, содержит рациональный алгоритм выявления территорий с благоприятными условиями формирования запасов пресных подземных вод с целью хозяйственно-питьевого водоснабжения населения городов Иркутск – Ангарск – Усолье-Сибирское – Черемхово – Зима – Саянск – Тулун.

На основе систематизации общих взглядов на тектоническую (масштаб 1:1500000 [Zolotarev, Khrenov, 1981]), неотектоническую (масштаб – 1:4000000 и более детальные [Gritsenko et al., 1962; Levi, 2008]) гидрогеологические карты (карты В.Г. Ткачук – 1:4000000

[Gritsenko et al., 1962], ОА «Томскгеомониторинг» [Zhulina, 2014], Б.М. Шенькмана и С.Х. Павлова – 1:1000000 [Shen'kman, 1983], Гидрогеологическая карта СССР, серия Ангаро-Ленского артезианского бассейна [Kaurov, 1964]), с применением топографических и геологоструктурной карт был выполнен морфоструктурный анализ Иркутского артезианского бассейна. Цель – выделение территорий с различными гидрогеологическими условиями в среднем масштабе 1:200000 на основе 23 листов топографической разграфки: N-47-IX, -X, -XI, -XII, -XVI, -XVII, -XVIII, -XXIV, -XXX; N-48-VII, -XIII, -XIX, -XX, -XXV, -XXVI, -XXVII, -XXVIII, -XXXI, -XXXII, -XXXIII, -XXXIV; M-48-II, -III. Составлены схемы порядков речных долин, схемы вершинной поверхности, схемы морфоструктур II порядка Иркутского артезианского бассейна. На основе этих схем впервые выполнен количественный гидрогеологический анализ условий формирования и распределения ресурсов пресных подземных вод верхней гидродинамической зоны (ВДЗ).

Морфоструктурный анализ использован автором для разработки алгоритма выделения территорий с различными условиями локализации пресных подземных вод, другими словами – в целях детализации гидрогеологической структуры Иркутского артезианского бассейна по условиям локализации пресных подземных вод в пределах ВДЗ (до 200 м).

**Методика проведения морфоструктурного анализа.** На основе представлений Н.А. Флоренсова, С.С. Воскресенского, М.Г. Гроссвальда о пересечении зон опусканий саянского и байкальского направления и формировании кайнозойских депрессий [Voskresensky, Grosswald, 1956; Adamenko et al., 1971] сформулирована гипотеза о необходимости уточнения границ зон и областей неотектонических прогибаний территории



**Рис. 2.** Методика составления схемы порядков речных долин. Фрагмент рабочей карты масштаба 1:200000, северо-западный участок территории исследования. Цветом указан порядок речных долин: 1 – второй, 2 – третий, 3 – четвертый, 5 – пятый.

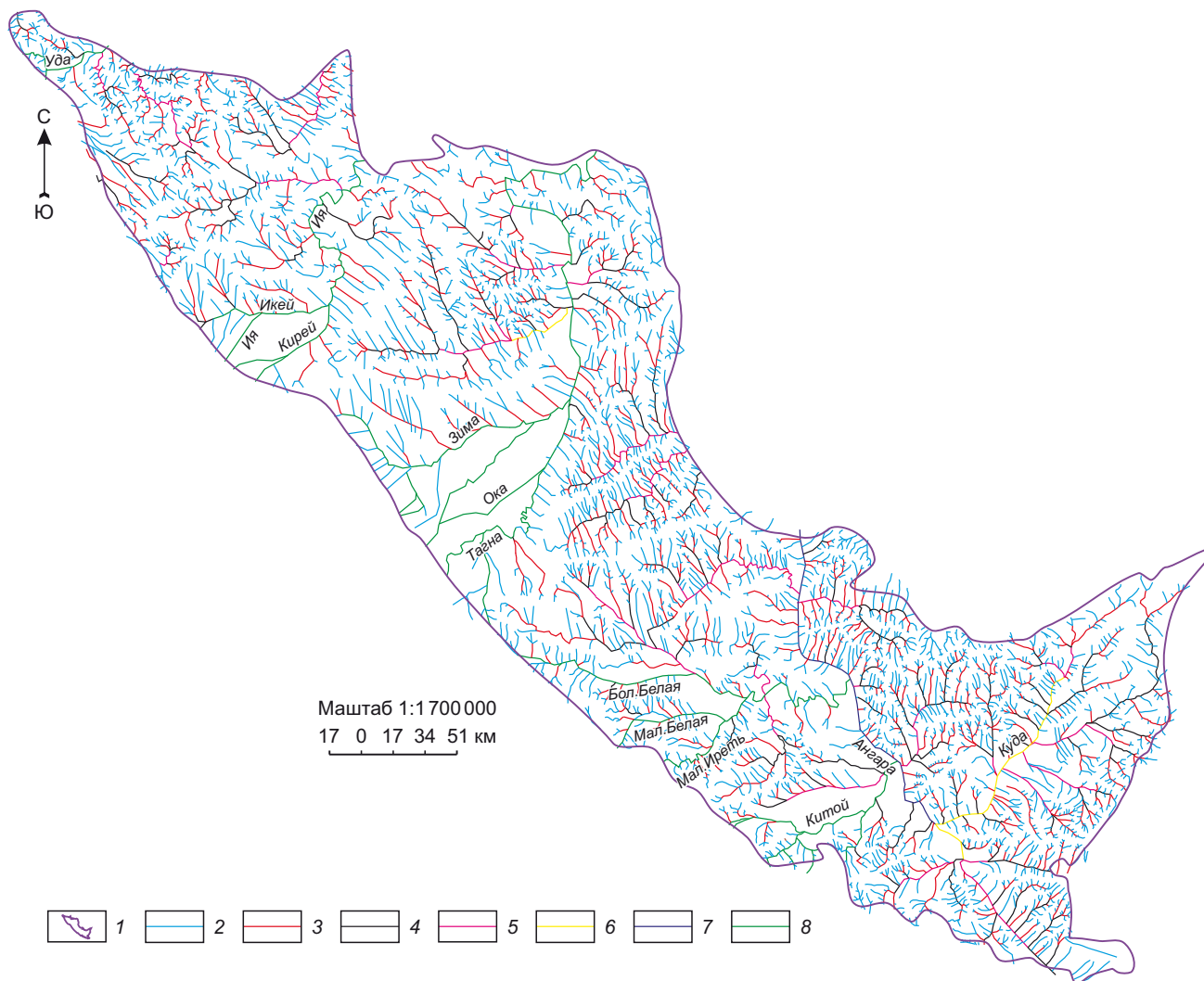
**Fig. 2.** Methodology for compiling a river valley order map. Fragment of a working map at a scale of 1:200000, northwestern section of the study area. Colors indicate river valley orders: 1 – second; 2 – third; 3 – fourth; 5 – fifth.

Иркутского артезианского бассейна, выделении контуров крупных понижений рельефа и приведен следующий алгоритм [Filosofov, 1960].

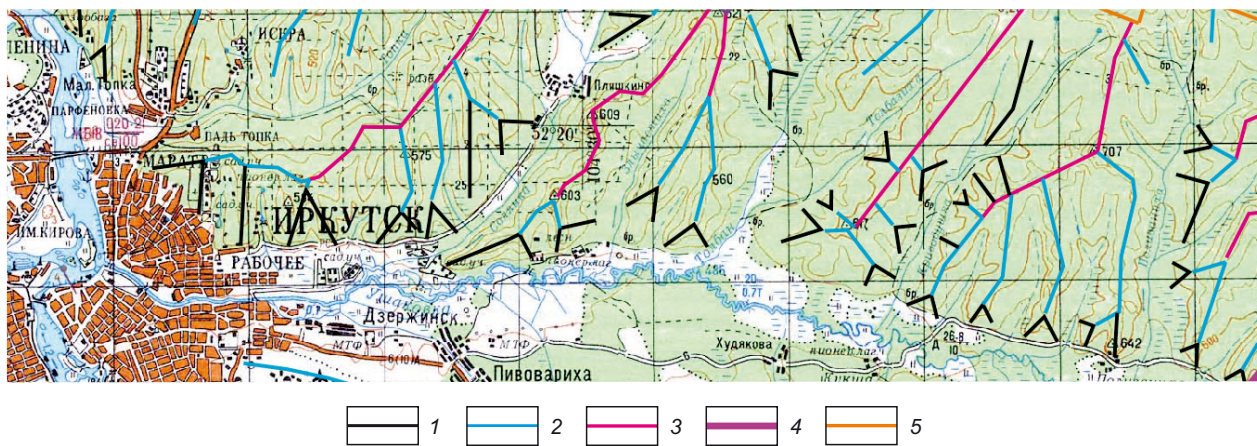
1. При составлении схемы порядков речных долин (рис. 2, 3) на топографической основе автором «учитывались» все реки и озера, в том числе и пересыхающие. Затем определялся порядок долин согласно методу, предложенному Р.Э. Хортоном [Horton, 1948], а также Б.П. Пановым [Panov, 1948] и уточненному В.П. Философовым [Filosofov, 1960]. По этому способу долиной первого порядка считается долина, не принимающая ни одного притока, т.е. неразветвленная. Долина второго порядка возникает в результате слияния двух долин первого порядка и т.д. При этом впадение долины первого или второго порядка в долину третьего не увеличивает ее порядок. Таким образом, порядок долин постепенно возрастает от верховьев к низовьям. Указан-

ный метод дает возможность рассматривать долину в развитии, позволяя сравнивать ее с другими долинами [Filosofov, 1960].

2. При составлении схемы вершинной поверхности автором на топографической карте вычерчены водораздельные линии между всеми долинами, включая и водоразделы между долинами первого порядка. Затем определен порядок водораздельных линий подобно тому, как это делают для долин. Водоразделами первого порядка названы неразветвленные водоразделы; водоразделы первого порядка, соединяясь вместе, дают начало водоразделу второго порядка и т.д. Далее отмечены точки пересечения горизонталей с водораздельными линиями и, соответственно, подписаны их значения. Одновысотные точки соединены изолиниями верхнего базиса денудации или изогипсобазитами (рис. 4, 5, 6). Окончательно выделять морфоструктуры

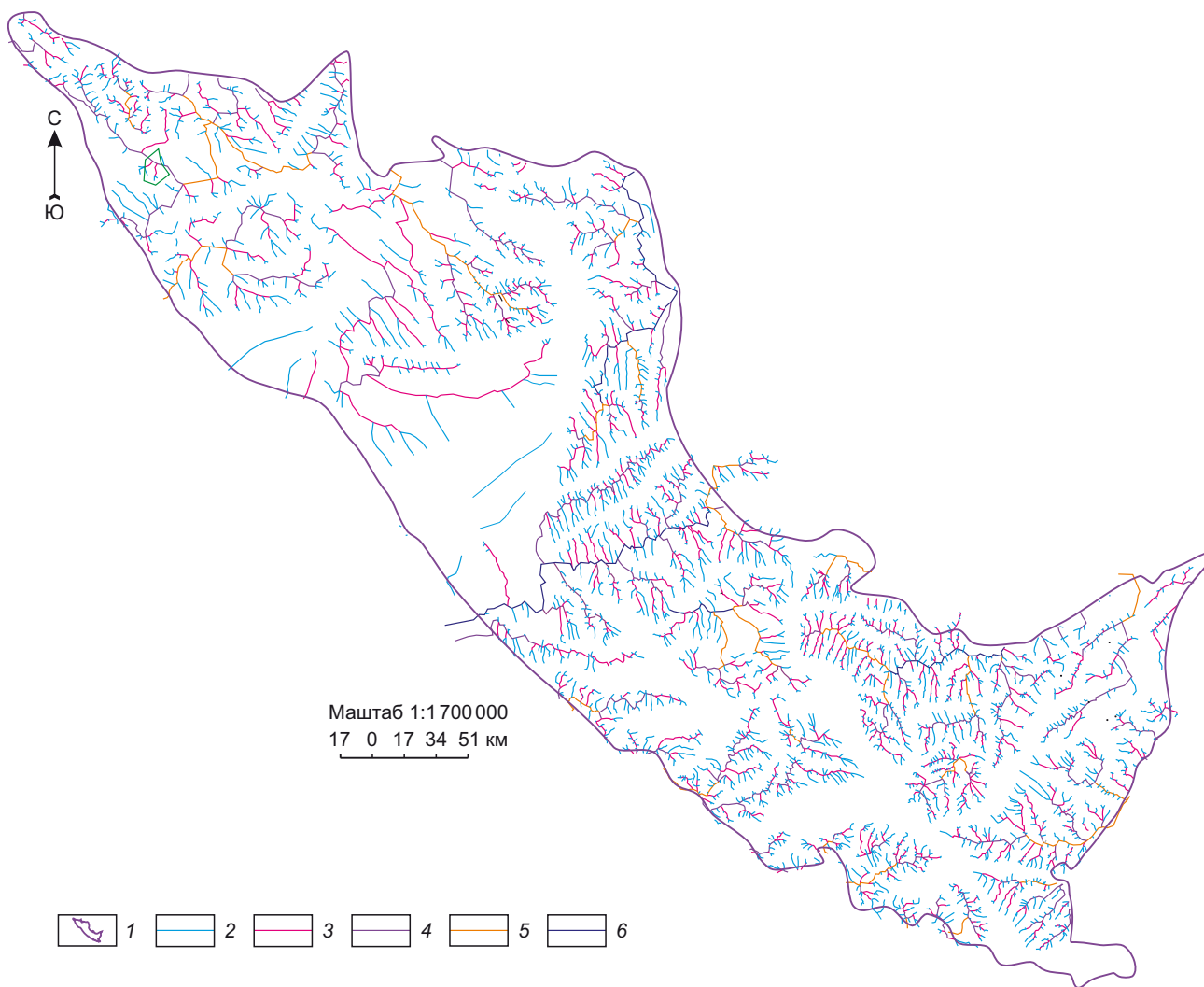


**Рис. 3.** Схема порядков речных долин Иркутского артезианского бассейна. 1 – граница Иркутского артезианского бассейна; 2–8 – порядки речных долин: 2 – второй, 3 – третий, 4 – четвертый, 5 – пятый, 6 – шестой, 7 – седьмой, 8 – нерасчлененные порядки горных рек Китой, Белая, Тагна, Ока, Зима, Ия, Уда, Кирей, Иррей.  
**Fig. 3.** Scheme of river valley orders in the Irkutsk artesian basin. 1 – boundary of the Irkutsk artesian basin; 2–8 – river valley orders: 2 – second, 3 – third, 4 – fourth, 5 – fifth, 6 – sixth, 7 – seventh, 8 – undifferentiated orders of mountain rivers: Kitoy, Belaya, Tagna, Oka, Zima, Iya, Uda, Kirey, Ireysk.



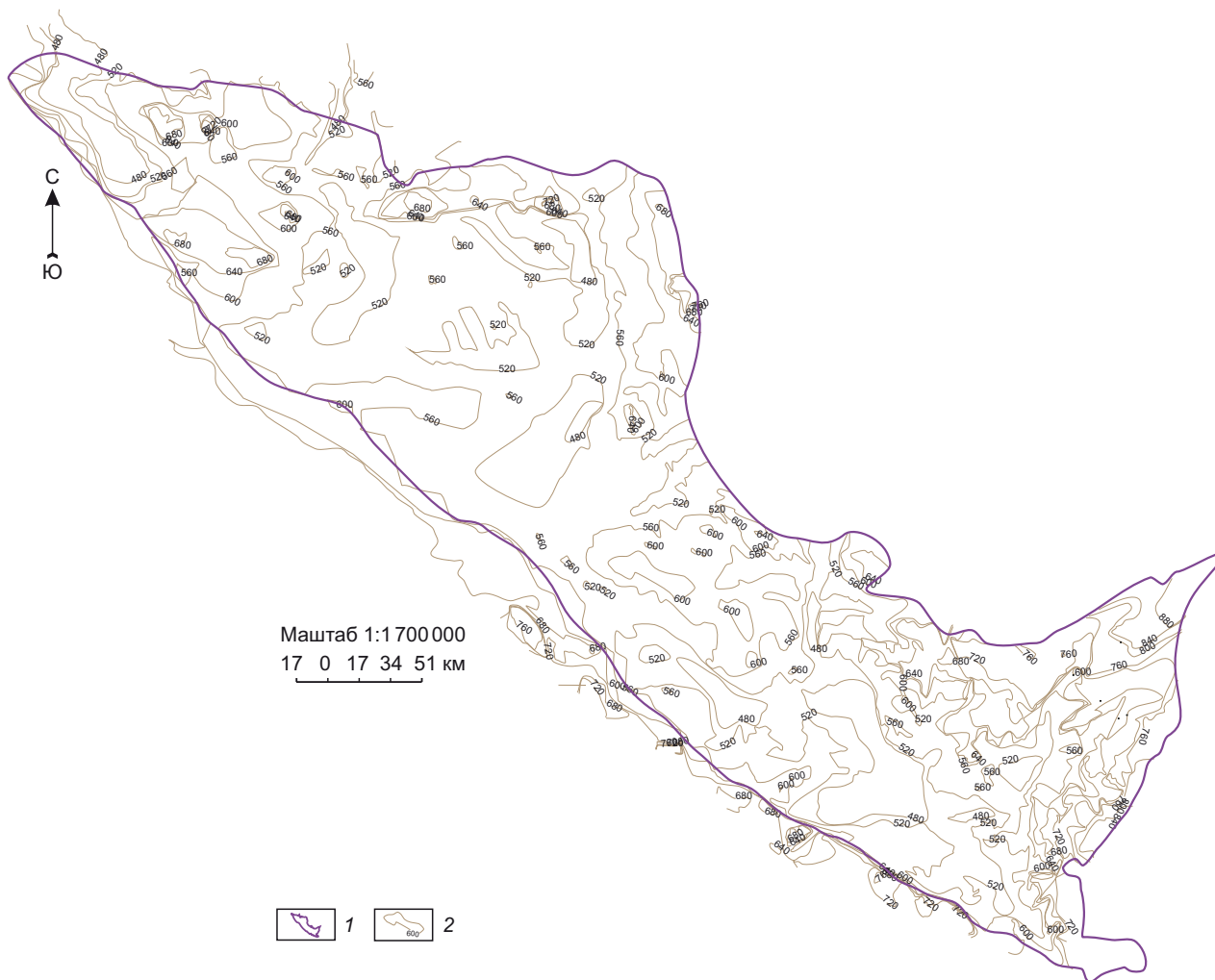
**Рис. 4.** Методика составления изобазит. Фрагмент рабочей карты масштаба 1:200000, южный участок территории исследования. Цветом указан порядок водоразделов: 1 – первый, 2 – второй, 3 – третий, 4 – четвертый, 5 – пятый.

**Fig. 4.** Methodology for compiling isobases. Fragment of a working map at a scale of 1:200,000, southern section of the study area. Colors indicate watershed orders: 1 – first, 2 – second, 3 – third, 4 – fourth, 5 – fifth.



**Рис. 5.** Основа для схемы вершинной поверхности Иркутского артезианского бассейна. 1 – граница Иркутского артезианского бассейна; 2-6 – порядки водоразделов: 2 – второй, 3 – третий, 4 – четвертый, 5 – пятый, 6 – шестой.

**Fig. 5.** Base for the «Vertex surface diagram of the Irkutsk artesian basin». 1 – boundary of the Irkutsk artesian basin; 2-6 – watershed orders: 2 – second, 3 – third, 4 – fourth, 5 – fifth, 6 – sixth.



**Рис. 6.** Схема вершинной поверхности II порядка Иркутского артезианского бассейна. 1 – граница Иркутского артезианского бассейна; 2 – изогипсобазита и ее абсолютная отметка.

**Fig. 6.** Scheme of the second-order vertex surface of the Irkutsk artesian basin. 1 – boundary of the Irkutsk artesian basin; 2 – isohypso base and its absolute elevation.

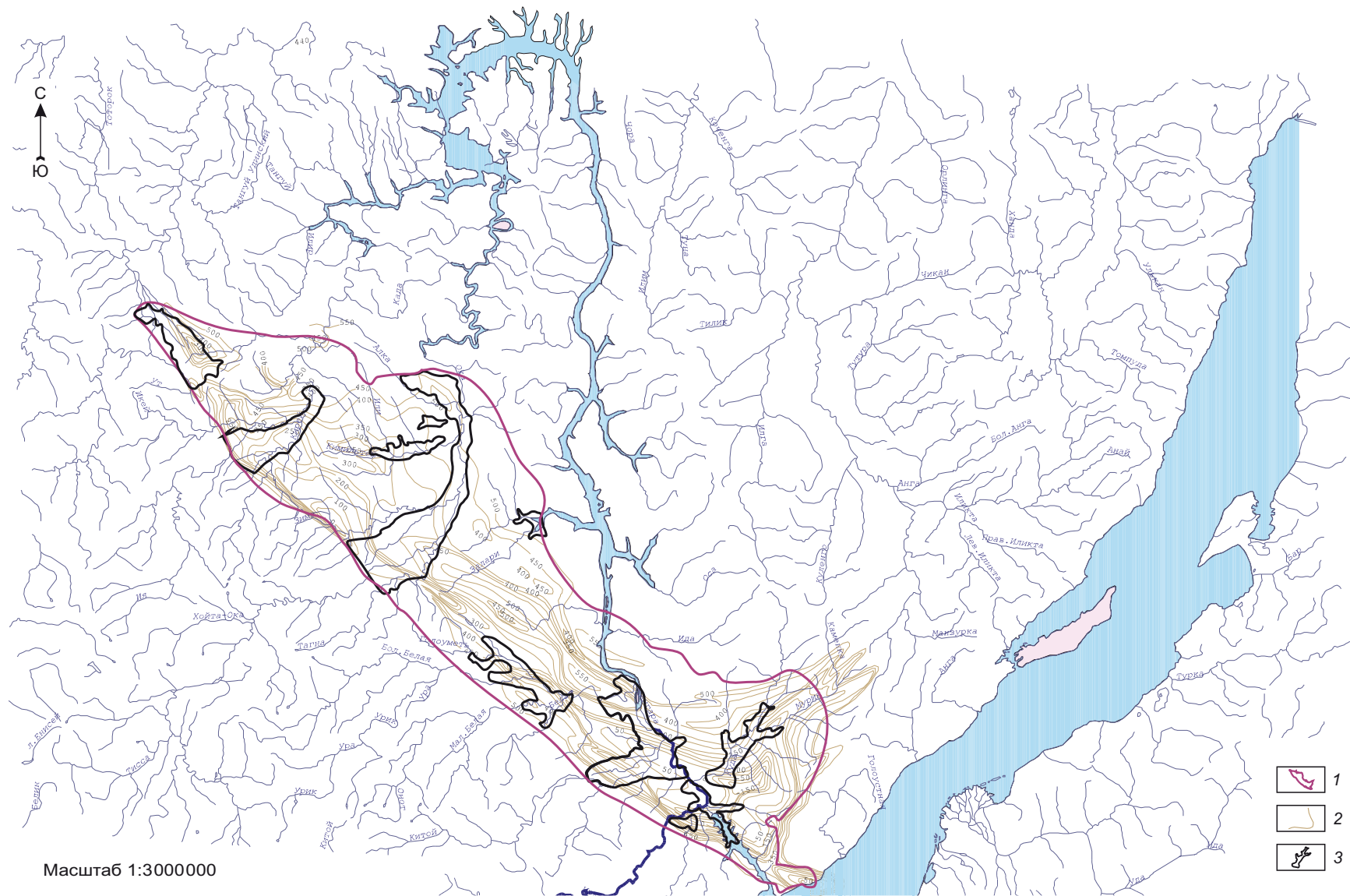
необходимо вместе с картой порядков речных долин, сопоставляя эти две карты, выполненные в одном масштабе.

3. Суть морфоструктурного метода заключается в выделении крупных морфоструктур (возвышенностей и низменностей рельефа) в неразрывной связи с геологической структурой (рис. 7) – границы возвышенностей и низменностей рельефа сопоставлены с геологическими структурами мезозойского этапа тектонической активизации Иркутского артезианского бассейна [Kuranicheva, 2024]. Известны примеры изучения морфоструктурных особенностей территорий и оценки их связи (в первую очередь рельефа и геологической дислокации) с перспективами обнаружения пресных подземных вод [Kurennoy, 1966, 1973, 2010].

Любое геологическое тело, содержащее подземные воды (гидрогеологическое тело), имеет границы. Нижняя граница, как правило, принимается по подошве или кровле геологической дислокации, обычно по во-

доупорной или слабопроницаемой толще. Верхней же границей является рельеф или неотектоническая дислокация. Выделенное таким образом геологическое тело относится к разряду морфоструктур. Морфоструктуры, как правило, представляют собой единую водонапорную систему с определенными условиями формирования, транзита и разгрузки подземных вод [Lankin et al., 2024]. На большей части исследуемой территории (в пределах юрских отложений) водоупором является приконтактная водоупорная зона (трошковская, заларинская фации нижней подсвиты черемховской свиты нижней юры); при обнажении незначительной площади ордовикских и кембрийских пород региональным водоупором является верхоленская свита среднего кембрия.

Следует отметить, что работа (роль) рельефа при строгом количественном подходе (морфоструктурном методе) обусловлена сочетанием сложного фильтрационного поля ВГДЗ и системно подстилающих водонесные подразделения водоупоров.



**Рис. 7.** Структурная схема подошвы мезозойских отложений с морфоструктурами (по [Alekseev, 1993], с дополнениями). 1 – граница Иркутского артезианского бассейна; 2 – изогипсы подошвы мезозойских отложений; 3 – границы отрицательных морфоструктур (неотектонических депрессий).

**Fig. 7.** Structural scheme of the base of Mesozoic deposits with morphostructures (after [Alekseev, 1993], with additions). 1 – boundary of the Irkutsk artesian basin; 2 – isohypses of the base of Mesozoic deposits; 3 – boundaries of negative morphostructures (neotectonic depressions).

Использовалась структурная схема подошвы мезозойских отложений С.П. Алексеева [Alekseev, 1993]. Выделены положительные прямые, положительные обращенные, отрицательные прямые, отрицательные обращенные морфоструктуры по границам: 1) крупных возвышенностей и понижений рельефа, ограничивающих кровлю морфоструктур; 2) возвышенностей и понижений тектонических дислокаций, ограничивающих подошву морфоструктур.

4. На итоговую схему нанесены объекты исследования – известные балансовые и забалансовые месторождения пресных подземных вод Иркутского артезианского бассейна. Проработаны и вынесены данные по результатам разведки 45 месторождений пресных питьевых подземных вод с запасами более 500 м<sup>3</sup>/сут [Condition..., 2025].

Месторождения по количеству запасов условно подразделены автором на крупные (более 20 тыс. м<sup>3</sup>/сут), средние (1–20 тыс. м<sup>3</sup>/сут) и мелкие (менее 1 тыс. м<sup>3</sup>/сут). Не учитывались списанные с государственного баланса запасы подземных вод в связи с недостаточной геолого-гидрогеологической изученностью для категоризации, в частности из-за отсутствия обоснования источника формирования. Однако списанные запасы подземных вод из-за невозможности организации зон санитарной охраны, застройки месторождения автором учитывались, так как эти факторы не влияют на закономерности формирования месторождений пресных подземных вод. Таким образом, выделены территории по морфоструктурным признакам со схожими условиями локализации пресных подземных вод.

5. Общая схема собрана в демонстрационную график-схему масштаба 1:1500000. В итоге, на основе морфоструктурного анализа, получена уточненная схема территорий Иркутского артезианского бассейна (в границах развития структур мезозойско-кайнозойского этапа тектонической активизации) с различными гидрогеологическими условиями локализации пресных подземных вод и, следовательно, условиями формирования месторождений (рис. 8).

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В пределах платформенной части Иркутского артезианского бассейна на основе комплексного гидрогеологического и морфоструктурного анализа выделено пять типовых схем формирования месторождений пресных подземных вод: за счет естественных ресурсов в положительных прямых и положительных обращенных морфоструктурах; за счет привлекаемых ресурсов в положительных прямых, отрицательных прямых и отрицательных обращенных морфоструктурах. Установлено, что на каждой из пяти выявленных территорий сконцентрированы месторождения со схожими количественно-качественными характеристиками, литолого-петрографическим составом пород, типом коллекторов и фильтрационными показателями эксплуатационных горизонтов, а также условиями формирования пресных подземных вод (рис. 8). Территории с

предполагаемыми условиями считаются аналогичными достоверным. Каждой типовой схеме соответствуют месторождения по уровню запасов – условно крупные (более 20 тыс. м<sup>3</sup>/сут), средние (1–20 тыс. м<sup>3</sup>/сут) или мелкие (менее 1 тыс. м<sup>3</sup>/сут). В пределах отрицательных морфоструктур (как прямых, так и обращенных) эксплуатационные водоносные горизонты месторождений пресных подземных вод представлены порово-пластовыми водами рыхлых отложений четвертичного возраста. В пределах положительных прямых морфоструктур образуются трещинно-пластовые и трещинно-карстовые воды юрских и палеозойских отложений, в пределах положительных обращенных морфоструктур – трещинно-пластовые воды юрских отложений (обнажения коренных пород, в которых карст развивается по зонам дробления, образуя фильтрационное поле за счет неоднородной трещиноватости).

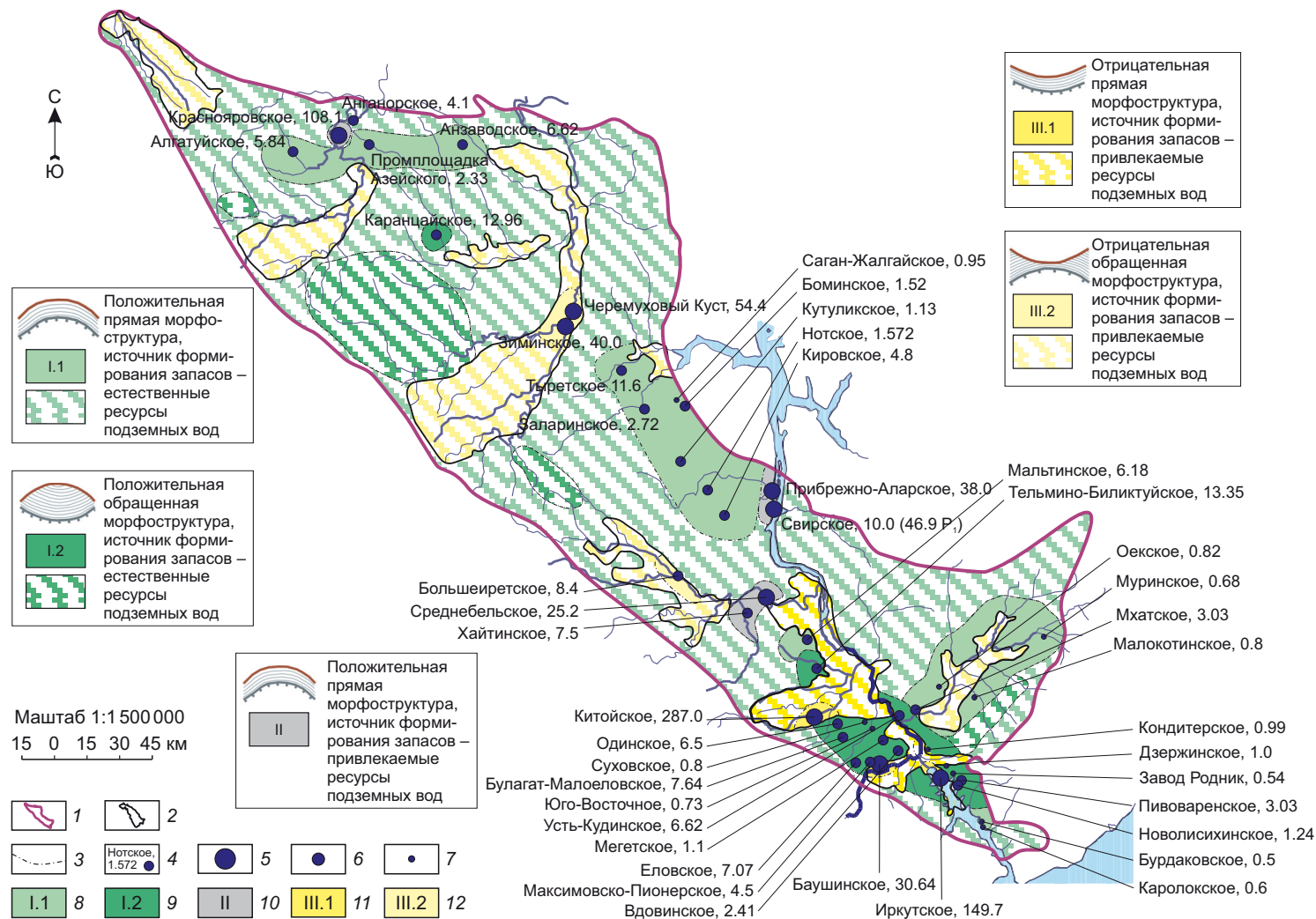
Далее рассмотрим типовые участки, характеризующие каждый вид гидрогеологического разреза зоны свободного водообмена:

1. Для месторождений, расположенных в положительных прямых морфоструктурах, восполнение запасов подземных вод обеспечивается естественными ресурсами (рис. 9, I.1). Типы подземных вод: трещинно-пластовые воды юрских и ордовикских терригенных пород; трещинно-карстовые воды кембрийских пород [Tkachuk et al., 1968]. Коллектор подземных вод – трещинный.

По структурно-генетическому типу месторождение относится к месторождениям в трещинных коллекторах (месторождения в пластах осадочных консолидированных пород, месторождения трещинно-карстовых структур) [Stepanov, 1989]. Коэффициенты фильтрации достигают 198 м/сут, коэффициенты водопроницаемости изменяются от 25–30 до 650, в отдельных случаях – до 14000 м<sup>2</sup>/сут. Состав подземных вод преимущественно гидрокарбонатный кальциевый (магниево-кальциевый) с минерализацией 0.37–0.60 г/дм<sup>3</sup>, реже до 1.1 г/дм<sup>3</sup>.

2. Для месторождений в положительных обращенных морфоструктурах характерен источник формирования запасов подземных вод – естественные ресурсы (рис. 9, I.2). Подземные воды относятся к трещинно-пластовым водам юрских терригенных пород [Tkachuk et al., 1968]. Коллектор подземных вод – трещинный. По структурно-генетическому типу это месторождения в трещинных коллекторах (месторождения в пластах осадочных консолидированных пород) [Stepanov, 1989]. Коэффициент фильтрации изменяется от 30 до 136 м/сут, коэффициент водопроницаемости варьируется от 350 до 3570 м<sup>2</sup>/сут. Состав подземных вод месторождений преимущественно гидрокарбонатный магниево-кальциевый с минерализацией 0.1–0.5 г/дм<sup>3</sup>.

3. Месторождения ВГДЗ, расположенные в положительных прямых морфоструктурах, обеспечиваются восполнением запасов подземных вод за счет привлекаемых ресурсов поверхностных вод (рис. 9, II). Типы

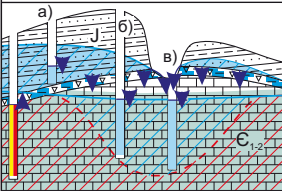


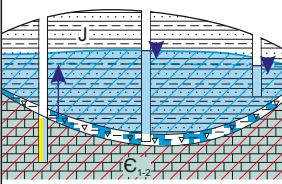

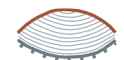
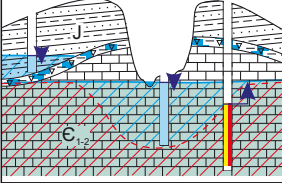


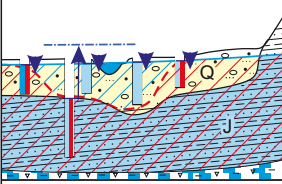


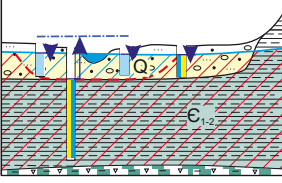




**Рис. 8.** Морфоструктурно-гидрогеологическая схема Иркутского артезианского бассейна [Kuraničeva, 2024].

1 – граница Иркутского артезианского бассейна; 2 – граница отрицательных морфоструктур (неотектонических депрессий); 3 – границы территорий с различными условиями формирования подземных вод; 4 – месторождения пресных подземных вод, запасы тыс. м<sup>3</sup>/сут; 5 – месторождения пресных подземных вод с запасами более 20 тыс. м<sup>3</sup>/сут; 6 – месторождения пресных подземных вод с запасами 1–20 тыс. м<sup>3</sup>/сут; 7 – месторождения пресных подземных вод с запасами менее 1 тыс. м<sup>3</sup>/сут; 8–12 – обозначения на схеме, соответствующие определенным условиям формирования месторождения пресных подземных вод, типу морфоструктур, условиям формирования месторождений, представленным на рис. 9.

**Fig. 8.** Morphostructural-hydrogeological scheme of the Irkutsk artesian basin [Kuraničeva, 2024].

1 – boundary of the Irkutsk artesian basin; 2 – boundary of negative morphostructures (neotectonic depressions); 3 – boundaries of areas with different groundwater formation conditions; 4 – fresh groundwater deposits, reserves in thousands of m<sup>3</sup>/day; 5 – fresh groundwater deposits with reserves exceeding 20000 m<sup>3</sup>/day; 6 – fresh groundwater deposits with reserves of 1000–20000 m<sup>3</sup>/day; 7 – fresh groundwater deposits with reserves less than 1000 m<sup>3</sup>/day; 8–12 – symbols on the scheme corresponding to specific conditions of fresh groundwater deposit formation, type of morphostructures, and conditions of deposit formation, shown in Fig. 9.

Типовая схема формирования месторождений пресных подземных вод	Обозначение на схеме	Тип морфоструктур	Схема морфоструктур	Источник формирования запасов	Условия формирования пресных подземных вод	Месторождения			
		Положительная, прямая		Естественные ресурсы подземных вод	I. Междуречье крупных рек (Ангара, Иркут, Китой, Ока и др.) возвышенности рельефа (положительные морфоструктуры). I.1 Положительные геологические структуры по подошве юрских отложений. Формирование запасов месторождений за счет естественных ресурсов юрских терригенных отложений: а) в юрских терригенных отложениях; б) в кембрийских карбонатных отложениях, обусловленное вертикальным перетоком подземных вод из юрских терригенных отложений; в) в кембрийских карбонатных отложениях, выходящих на дневную поверхность. I.2 Отрицательные геологические структуры по подошве юрских отложений. Формирование запасов месторождений за счет естественных ресурсов в юрских терригенных отложениях	Боминское, Саган-Жалгайской, Муринское, Мальтинское, Заларинское, Тыретское, Оёкское, Малокотинское, Нотское, Кировское, Мхатское, Кутуликское, Каранцайское, Бурдаковское, Каролокское, Промплощадка Азейского, Анганорское, Алгатуйское, Анзаводское			
		Положительная, обращенная					Привлекаемые ресурсы подземных вод	II. Долины крупных рек, пересекающие возвышенности рельефа (положительные морфоструктуры). Положительные геологические структуры по подошве юрских отложений. Формирование запасов крупных месторождений за счет привлекаемых ресурсов в кембрийских карбонатных и ордовикских карбонатно-терригенных отложениях.	Прибрежно-Аларское, Среднебельское, Хайтинское, Свирское, Красноярское
		Положительная, прямая		III. Долины крупных рек, пересекающие низменности рельефа (отрицательные морфоструктуры). III.1 Отрицательные геологические структуры по подошве юрских отложений. Формирование запасов крупных месторождений за счет привлекаемых ресурсов в аллювиальных отложениях вблизи русел рек. При вскрытии юрских терригенных отложений резко ухудшается качество подземных вод. III.2 Положительные геологические структуры. Формирование запасов крупных месторождений за счет привлекаемых ресурсов в аллювиальных отложениях. При вскрытии кембрийских пород ухудшается качество подземных вод, но образуются месторождения технических вод.	Китойское, Иркутское, Баушинское				
		Отрицательная, прямая				Черемуховый Куст, Зиминское, Большеиретское			
		Отрицательная, обращенная							



**Рис. 9.** Соотношение месторождений пресных подземных вод Иркутского артезианского бассейна и условий их формирования [Kuraničeva, 2024].

1 – зона солоноватых вод с минерализацией более 1 г/дм<sup>3</sup>; 2 – зона пресных вод с минерализацией менее 1 г/дм<sup>3</sup>; 3 – поверхность рельефа (морфоструктура); 4 – геологическая структура (водоупорная толща); 5 – литолого-фациальные (стратиграфические) толщи; 6–9 – условия, аналогичные территории: 6 – I.1, 7 – I.2, 8 – III.1, 9 – III.2; 10 – водоупорные трошковская, заларинская фации нижней подсвиты черемховской свиты нижней юры; 11 – региональный водоупор (верхоленская свита среднего кембрия).

**Fig. 9.** Correlation of fresh groundwater deposits in the Irkutsk artesian basin and conditions of their formation [Kuraničeva, 2024].

1 – zone of brackish water with mineralization exceeding 1 g/dm<sup>3</sup>; 2 – zone of fresh water with mineralization less than 1 g/dm<sup>3</sup>; 3 – relief surface (morphostructure); 4 – geological structure (impermeable layer); 5 – lithofacies (stratigraphic) layers; 6–9 – conditions similar to those in the area: 6 – I.1, 7 – I.2, 8 – III.1, 9 – III.2; 10 – Troshkovskaya, Zalarinskaya impermeable facies of the lower subformation of the Cheremkhovo formation of the Lower Jurassic; 11 – regional impermeable layer (Verkholenskaya formation of the Middle Cambrian).

подземных вод: трещинно-карстовые воды кембрийских пород, трещинно-пластовые воды ордовикских пород [Tkachuk et al., 1968]. Коллектор подземных вод трещинный, реже – карстово-трещинный. По структурно-генетическому типу относятся к месторождениям в трещинных коллекторах (месторождения в пластах осадочных консолидированных пород, месторождения трещинно-карстовых структур) [Stepanov, 1989]. Коэффициент фильтрации изменяется от 26.4 до 770 м/сут, коэффициент водопроницаемости достигает 11420 м<sup>2</sup>/сут. Состав подземных вод месторождений преимущественно гидрокарбонатный магниевый-кальциевый с минерализацией до 0.5 г/дм<sup>3</sup> [Kuranicheva, 2024].

4. У месторождений, локализованных в отрицательных прямых морфоструктурах, питание продуктивных горизонтов происходит за счет привлекаемых ресурсов поверхностных вод (рис. 9, III.1). Подземные воды относятся к типу порово-пластовых вод четвертичных отложений [Tkachuk et al., 1968]. Коллектор подземных вод поровый. По структурно-генетическому типу это месторождения в отложениях водных коллекторов [Stepanov, 1989]. Коэффициент фильтрации достигает 122 м/сут, коэффициент водопроницаемости 1400 м<sup>2</sup>/сут. Состав подземных вод месторождений преимущественно гидрокарбонатный магниевый-кальциевый с минерализацией до 0.5 г/дм<sup>3</sup>. При вскрытии юрских терригенных пород наблюдается резкое ухудшение качества подземных вод [Luneva, Lankin, 2006; Kuranicheva, 2024].

5. Питание продуктивных горизонтов у месторождений в отрицательных обращенных морфоструктурах происходит за счет привлекаемых ресурсов поверхностных вод (рис. 9, III.2). Подземные воды относятся к типу порово-пластовых вод четвертичных отложений [Tkachuk et al., 1968]. Коллектор подземных вод поровый. По структурно-генетическому типу – это месторождения в отложениях водных коллекторов [Stepanov, 1989]. Коэффициент фильтрации изменяется в пределах 164–240 м/сут, коэффициент водопроницаемости достигает 2000 м<sup>2</sup>/сут. Состав подземных вод месторождений преимущественно гидрокарбонатный кальциево-магниевый с минерализацией до 0.8 г/дм<sup>3</sup>. При вскрытии кембрийских пород бурением также наблюдается резкое ухудшение качества подземных вод [Luneva, Lankin, 2006; Zolotykh, 2021; Kuranicheva et al., 2022].

#### 4. ОБСУЖДЕНИЕ

Многолетний опыт производственных предприятий, полученный при разведке месторождений подземных вод, показывает реальную эффективность результатов выполненных исследований на основе корреляции данных морфоструктурного и традиционных гидрогеологических методов. Проработан алгоритм оконтуривания гидрогеологических структур на исследуемой территории с использованием метода морфоструктурного анализа. Привлечение данных мор-

фоструктурного анализа рельефа и геолого-структурных условий (морфоструктурного анализа масштаба 1:200000) является эффективным методом выделения территорий с различными условиями формирования месторождений пресных подземных вод ВГДЗ Иркутского артезианского бассейна (в границах распространения структур мезокайнозойского цикла тектонической активизации).

Таким образом, выработаны и научно обоснованы методология и гидрогеологические критерии поиска участков локализации запасов пресных подземных вод в крупных понижениях и возвышенностях рельефа Иркутского артезианского бассейна, включающие построение и параллельный анализ геоморфологических и гидрогеологических карт масштаба 1:200000, выявление крупных понижений и возвышенностей рельефа, картирование высокопроизводительных коллекторов подземных вод ВГДЗ (высокие коэффициенты фильтрации и водопроницаемости, обеспечивающие значимые дебиты при относительно небольших понижениях, а также возобновляемость запасов пресных подземных вод за счет привлекаемых ресурсов – перетекание из поверхностных водотоков и водоемов; за счет естественных ресурсов – инфильтрация атмосферных осадков, перетекание из вышележащих водоносных подразделений). Результаты исследования совпадают со взглядами таких известных ученых-гидрогеологов, как В.В. Куренной, Е.В. Пиннекер, Б.М. Шенькман, С.Х. Павлов, Л.П. Алексеева, а также с научным анализом данных геологоразведочных работ за последние 50 лет.

#### 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Кайнозойский неотектонический этап явился завершающим в формировании пликативной структуры Иркутского артезианского бассейна и современного рельефа, в заложении кайнозойских впадин, речных долин, в накоплении и распределении аллювиальных толщ. Сопоставление структурных и морфоструктурных планов наглядно показывает распределение и локализацию ресурсов подземных вод, в том числе наиболее водообильных участков ВГДЗ.

На представлениях о неотектоническом этапе эволюции территории Иркутского артезианского бассейна основана методология поисков перспективных участков, базирующаяся на комплексировании данных количественного морфоструктурного анализа и данных геологоразведочных работ по подземным водам, включающих типы коллекторов, фильтрационные параметры, источники формирования запасов, гидрогеохимические характеристики качества пресных подземных вод.

В пределах Иркутского артезианского бассейна на основе гидрогеологического и морфоструктурного анализа выделено пять типовых схем формирования месторождений пресных подземных вод: за счет естественных ресурсов в положительных прямых и положительных обращенных морфоструктурах; за счет

привлекаемых ресурсов в положительных прямых, отрицательных прямых и отрицательных обращенных морфоструктурах. Каждой типовой схеме соответствуют месторождения по уровню запасов – условно крупные (более 20 тыс. м<sup>3</sup>/сут), средние (1–20 тыс. м<sup>3</sup>/сут) или мелкие (менее 1 тыс. м<sup>3</sup>/сут).

## 6. РАСКРЫТИЕ ИНФОРМАЦИИ / DISCLOSURE

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов, связанного с этой рукописью. Автор прочел и одобрил финальную версию перед публикацией.

The author has no conflicts of interest to declare relevant to this manuscript. The author read and approved the final manuscript.

## 7. ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

Adamenko O.M., Dolgushin I.Yu., Ermolov V.V., Isaeva L.L., Kozlovskaya S.F., Leonov B.N., Tseitlin S.M., 1971. Development History of Siberia and the Far East Relief. Plateaus and Lowlands of Eastern Siberia. Nauka, Moscow, 320 p. (in Russian) [Адаменко О.М., Долгушин И.Ю., Ермолов В.В., Исаева Л.Л., Козловская С.Ф., Леонов Б.Н., Цейтлин С.М. История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока. Плоскогорья и низменности Восточной Сибири. М.: Наука, 1971. 320 с.]

Alekseev S.P., 1993. Formation of a Geological Basis for Compiling a Hydrogeological Legend for 1:200000 Scale Maps of the Angara-Lena Series for 1990–1992. Irkutskgeologiya, Irkutsk, 196 p. (in Russian) [Алексеев С.П. Создание геологической основы для составления гидрогеологической легенды к картам масштаба 1:200000 Ангаро-Ленской серии за 1990–1992 гг. Иркутск: Иркутскгеология, 1993. 196 с.]

Alekseeva L.P., 1990. Types of Permafrost-Hydrogeological Conditions and the Use of Groundwater for Water Supply of the Rift Part of the BAM Zone. Brief PhD Thesis (Candidate of Geology and Mineralogy). Irkutsk, 1990. 21 p. (in Russian) [Алексеева Л.П. Типы мерзлотно-гидрогеологических условий и использование подземных вод для водоснабжения рифтовой части зоны БАМ: Автореф. дис ... к.г.-м.н. Иркутск, 1990. 21 с.]

Alexeev S.V., Alexeeva L.P., Glotov V.E., Ivanova T.P., Kulakov V.V., Lankin Yu.K., Ozerskii A.Yu., Chernega N.V., Shepelev V.V., 2018. Drinking Groundwater Supply in Siberia and the Far East. In: The Groundwater of Eastern Russia. Proceedings of the National Conference on Groundwater in Eastern Russia (XXII Conference on Groundwater in Siberia and Far East with International Participation) (June 18–22, 2018). IPC NSU, Novosibirsk, p. 4–20 (in Russian) [Алексеев С.В., Алексеева Л.П., Глотов В.Е., Иванова Т.П., Кулаков В.В., Ланкин Ю.К. Состояние питьевого водоснабжения на базе подземных вод в Сибири и на Дальнем Востоке // Подземные воды востока России: Материалы Всероссийского совещания по подземным водам востока России (XXII Совещание по подземным водам Сибири и Дальнего Востока с международным участием) (18–22 июня 2018 г.). Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2018. С. 4–20].

Balobanenko A.A., L'gotin V.A., 2018. The Quality of Drinking Groundwater of the Territory of the Siberian Federal District. In: The Groundwater of Eastern Russia. Proceedings of the National Conference on Groundwater in Eastern Russia (XXII Conference on Groundwater in Siberia and Far East with International Participation) (June 18–22, 2018). IPC NSU, Novosibirsk, p. 70–75 (in Russian) [Балобаненко А.А., Лыготин В.А. Качество питьевых подземных вод территории Сибирского федерального округа // Подземные воды востока России: Материалы Всероссийского совещания по подземным водам востока России (XXII Совещание по подземным водам Сибири и Дальнего Востока с международным участием) (18–22 июня 2018 г.). Новосибирск: ИПЦ НГУ, 2018. С. 70–75].

Blokhin Yu.I., Luneva T.E., 2012. Monitoring of Industrial Pollution of Groundwater in the Irkutsk Region. In: The Groundwater of Eastern Russia. Proceedings of the National Conference on Groundwater in Eastern Russia (XX Conference on Groundwater in Siberia and Far East with International Participation) (June 18–22, 2012). Geograf, Irkutsk, p. 445–449 (in Russian) [Блохин Ю.И., Лунева Т.Е. Мониторинг промышленного загрязнения подземных вод на территории Иркутской области // Подземные воды востока России: Материалы Всероссийского совещания по подземным водам востока России (XX Совещание по подземным водам Сибири и Дальнего Востока с международным участием) (18–22 июня 2012 г.). Иркутск: Географ, 2012. С. 445–449].

Condition of the Geological Environment (Subsoil) in the Territory of the Siberian Federal District in 2024. Information Bulletin. Tomsk, 2025. Iss. 22. 205 p. (in Russian) [Состояние геологической среды (недр) территории Сибирского федерального округа в 2024 году: Информационный бюллетень. Томск, 2025. Вып. 22. 205 с.]

Filosofov V.P., 1960. Brief Guide to the Morphometric Method of Searching for Tectonic Structures. Saratov University Publishing House, Saratov, 95 p. (in Russian) [Философов В.П. Краткое руководство по морфометрическому методу поисков тектонических структур. Саратов: Изд-во Саратовского университета, 1960. 95 с.]

Gritsenko A.V., Zarutskaya I.P., Shotsky V.P. (Eds), 1962. Atlas of the Irkutsk Region. GUGK, M.–Irkutsk, 621 p. (in Russian) [Атлас Иркутской области / Ред. А.В. Гриценко, И.П. Заруцкая, В.П. Шоцкий. М.–Иркутск: ГУГК, 1962. 621 с.]

Horton R.E., 1948. Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins. Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology. State Foreign Literature Publishing House, Moscow, 159 p. (in Russian) [Хортон Р.Е. Эрозионное развитие рек и водосборных бассейнов. Гидрофизический подход к количественной морфологии. М.: Государственное издательство иностранной литературы, 1948. 159 с.]

Kaurov V.F., 1964. Hydrogeological Map of the USSR. Scale of 1:200000. Series of the Angara-Lena Artesian Basin. Sheet N-48-XXVI. VSEGINGEO, Moscow (in Russian) [Кауров В.Ф. Гидрогеологическая карта СССР масштаба

1:200000. Серия Ангаро-Ленского артезианского бассейна. Лист N-48-XXVI. М.: ВСЕГИНГЕО, 1964].

Kuranicheva A.I., 2024. Formation Conditions of Fresh Groundwater Deposits in Irkutsk Artesian Basin. *Earth Sciences and Subsoil Use* 47 (3), 280–288 (in Russian) [Кураничева А.И. Условия формирования месторождений пресных подземных вод Иркутского артезианского бассейна // *Науки о Земле и недропользование*. 2024. Т. 47. № 3. С. 280–288]. <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2024-47-3-280-288>.

Kuranicheva A.I., Lankin Yu.K., Naumova O.O., Vakhromev A.G., 2022. Peculiarities of the Formation Fresh Groundwater Deposit Cheremukhovoy Kust (Irkutsk Artesian Basin). In: *Geology, Prospecting and Exploration of Mineral Resources and Methods of Geological Research. Proceedings of the International Scientific and Technical Conference "Geosciences 2022"* (April 4–8, 2022). INRTU, Irkutsk, p. 12–19 (in Russian) [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 Международной научно-технической конференции «Геонауки 2022»* (4–8 апреля 2022 г.). Иркутск: ИрННТУ, 2022. С. 12–19].

Kurennoy V.V., 1966. Relationship Between Groundwater Formation and Hydrogeological Structure in the Angara-Lena Artesian Basin. In: B.M. Shen'kman (Ed.), *Methodology of Hydrogeological Studies and Groundwater Resources of Siberia and the Far East*. Nauka, Moscow, p. 163–175 (in Russian) [Куренной В.В. Связь формирования подземных вод с гидрогеологической структурой в Ангаро-Ленском артезианском бассейне // *Методика гидрогеологических исследований и ресурсы подземных вод Сибири и Дальнего Востока* / Ред. Б.М. Шенькман. М.: Наука, 1966. С. 163–175].

Kurennoy V.V., 1972. Patterns of Formation of Groundwater Resources in the Upper Hydrodynamic Zone of the South of the Angara-Lena Artesian Basin. Brief PhD Thesis (Candidate of Geology and Mineralogy). Irkutsk, 1972. 21 p. (in Russian) [Куренной В.В. Закономерности формирования ресурсов подземных вод верхней гидродинамической зоны юга Ангаро-Ленского артезианского бассейна: Автореф. дис ... к.г.-м.н. Иркутск, 1972. 21 с.].

Kurennoy V.V., 1973. Use of Differential Accounting of Random Variability for Hydrogeological Forecasts. Abstracts of the VII Conference on Groundwater of Siberia and the Far East. Irkutsk–Novosibirsk, p. 35–36 (in Russian) [Куренной В.В. Использование разностного учета случайной колеблемости для гидрогеологических прогнозов // *Тезисы докладов VII совещания по подземным водам Сибири и Дальнего Востока*. Иркутск–Новосибирск, 1973. С. 35–36].

Kurennoy V.V., 2010. Scientific and Methodological Foundations of Structural-Hydrogeological Analysis and Assessment of Conditions for Localization of Drinking Groundwater Resources. Brief PhD Thesis (Doctor of Geology and

Mineralogy). Zeleny, 2010. 46 p. (in Russian) [Куренной В.В. Научно-методические основы структурно-гидрогеологического анализа и оценки условий локализации ресурсов питьевых подземных вод: Автореф. дис ... д.г.-м.н. Зеленый, 2010. 46 с.].

Lankin Yu.K., Naumova O.O., Verkhovina E.S., 2024. The Role of Neotectonics in Groundwater Resources Formation in the South of the Siberian Platform. In: *Underground Hydrosphere. Proceedings of the National Conference on Groundwater in Eastern Russia (XXIV Conference on Groundwater in Siberia and Far East)* (June 21–28, 2024). IM UB RAS, Ekaterinburg, p. 284–287 (in Russian) [Ланкин Ю.К., Наумова О.О., Верховина Е.С. Роль новейшей тектоники в формировании ресурсов подземных вод юга Сибирской платформы // *Подземная гидросфера: Материалы Всероссийского совещания по подземным водам востока России (XXIV Совещание по подземным водам востока Сибири и Дальнего Востока)* (21–28 июня 2024 г.). Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2024. С. 284–287].

Levi K.G., 2008. Neotectonics Map of the North-Eastern Sector of Asia. Scale 1:75000000. East-Siberian Aerogeodetic Enterprise, Irkutsk (in Russian) [Леви К.Г. Карта неотектоники северо-восточного сектора Азии. Масштаб 1:75000000. Иркутск: Восточно-Сибирское аэрогеодезическое предприятие, 2008].

Logachev N.A. (Ed.), 1987. Processes of Relief Formation in Siberia. Nauka, Novosibirsk, 185 p. (in Russian) [Процессы формирования рельефа Сибири / Ред Н.А. Логачев. Новосибирск: Наука, 1987. 185 с.].

Luneva T.E., Lankin Yu.K., 2006. Morphotectonic Conditions for Groundwater Resource Localization in the Angara-Lena Artesian Basin. In: *Underground Hydrosphere. Proceedings of the National Conference on Groundwater in Eastern Russia (XVIII Conference on Groundwater in Siberia and Far East)* (June 19–23, 2006). ISTU, Irkutsk, p. 281–284 (in Russian) [Лунева Т.Е., Ланкин Ю.К. Морфотектонические условия локализации ресурсов подземных вод в Ангаро-Ленском артезианском бассейне // *Подземная гидросфера: Материалы Всероссийского совещания по подземным водам востока России (XVIII Совещание по подземным водам востока Сибири и Дальнего Востока)* (19–23 июня 2006 г.). Иркутск: ИрГТУ, 2006. С. 281–284].

Morozov A.F., Krupoderov V.S., Kurennoy V.V., 2011. Hydrogeological Map of the Territory of the Russian Federation. Conditions of Formation of Drinking Groundwater in Russia. In: *Drinking Groundwater. Study, Use and Information Technology. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference* (April 18–22, 2011, Zeleny). Vol. 1. VNIPO EMERCOM of Russia, Moscow, p. 3–31 (in Russian) [Морозов А.Ф., Круподеров В.С., Куренной В.В. Гидрогеологическая карта территории Российской Федерации. Условия формирования питьевых подземных вод России // *Питьевые подземные воды. Изучение, использование и информационные технологии: Материалы Международной научно-практической конференции* (18–22 апреля 2011 г., пос. Зеленый). М.: ВНИИПО МЧС России, 2011. Т. 1. С. 3–31].

Panov B.P., 1948. Quantitative Characteristics of the River Network. Leningrad, 55 p. (in Russian) [Панов Б.П. Количественная характеристика речной сети. Л., 1948. 55 с.].

Pavlov S.Kh., 2000. Hydrogeochemical Zonality on the Southwestern Flank of the Baikal Rift Zone. In: Underground Hydrosphere. Proceedings of the National Conference on Groundwater in Eastern Russia (XVI Conference on Groundwater in Siberia and Far East). SRC UIGGM SB RAS, Novosibirsk, p. 50–52 (in Russian) [Павлов С.Х. Гидрогеохимическая зональность на юго-западном фланге Байкальской рифтовой зоны // Подземные воды востока России: Материалы Всероссийского совещания по подземным водам востока России (XVI Совещание по подземным водам Сибири и Дальнего Востока с международным участием). Новосибирск: НИЦ ОИГГМ СО РАН, 2000. С. 50–52].

Pinneker E.V., 1956. Groundwater of the Irkutsk-Cheremkhovo Industrial Region. Brief PhD Thesis (Candidate of Geology and Mineralogy). Irkutsk, 1956. 20 p. (in Russian) [Пиннекер Е.В. Подземные воды Иркутско-Черемховского промышленного района: Автореф. дис ... к.г.-м.н. Иркутск, 1956. 20 с.].

Pinneker E.V., Pisarskii B.I., Shvartsev S.L., Bogdanov G.Ya., Borisov V.N., Karavanov K.P., 1980. Fundamentals of Hydrogeology. General Hydrogeology. Nauka, Novosibirsk, 225 p. (in Russian) [Пиннекер Е.В., Писарский Б.И., Шварцев С.Л., Богданов Г.Я., Борисов В.Н., Караванов К.П. Основы гидрогеологии. Общая гидрогеология. Новосибирск: Наука, 1980. 225 с.].

Pinneker E.V., Pisarsky B.I., Lomonosov I.S., Koldysheva R.Ya., Didenko A.A., Sherman S.I., 1968. Hydrogeology of the Baikal Region. Nauka, Moscow, 170 p. (in Russian) [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.].

Podkorytov A.M., 2012. Assessment of Groundwater Reserves for Technical Needs Based on the Results of Operation of a Single Water Intake of CHPP-12 in the City of Cheremkhovo as of 01.02.2012. Irkutskgeofizika, Irkutsk, 107 p. (in Russian) [Подкорытов А.М. Оценка запасов подземных вод для технических нужд по результатам эксплуатации одиночного водозабора ТЭЦ-12 в г. Черемхово по состоянию на 01.02.2012. Иркутск: Иркутскгеофизика, 2012 г. 107 с.].

Seminsky K.Zh., Gladkov A.S., Lunina O.V., Tugarina M.A., 2005. Internal Structure of Continental Fault Zones. Applied Aspect. GEO, Novosibirsk, 293 p. (in Russian) [Семинский К.Ж., Gladkov A.C., Лунина О.В., Тугарина М.А. Внутренняя структура континентальных разломных зон. Прикладной аспект. Новосибирск: Гео, 2005. 293 с.].

Seminsky K.Zh., Tugarina M.A., 2011. Results of Comprehensive Studies of the Underground Hydrosphere Within the Western Shoulder of the Baikal Rift (As Exemplified by the Bayandai – Krestovsky Cape Site). Geodynamics & Tectonophysics 2 (2), 126–144 (in Russian) [Семинский К.Ж., Тугарина М.А. Результаты комплексных исследований подземной гидросферы западного плеча Байкальско-

го рифта (на примере участка п. Баяндай – м. Крестовский) // Геодинамика и тектонофизика. 2011. Т. 2. № 2. С. 126–144]. <https://doi.org/10.5800/GT-2011-2-0037>.

Shen'kman B.M., 1983. Zone of Intensive Water Exchange of the Angara-Lena Artesian Basin (Resources and Geochemistry of Groundwater). IEC SB AS USSR, Irkutsk, 334 p. (in Russian) [Шенькман Б.М. Зона интенсивного водообмена Ангаро-Ленского артезианского бассейна (Ресурсы и геохимия подземных вод). Иркутск: ИЗК СО АН СССР, 1983. 334 с.].

Shen'kman B.M., 2012. Hydrogeopurgology of Industrial Zones of the Irkutsk Region. In: The Groundwater of Eastern Russia. Proceedings of the National Conference on Groundwater in Eastern Russia (XX Conference on Groundwater in Siberia and Far East with International Participation) (June 18–22, 2012). Geograf, Irkutsk, p. 445–449 (in Russian) [Шенькман Б.М. Гидрогеопургология промышленных зон Иркутской области // Подземная гидросфера: Материалы Всероссийского совещания по подземным водам востока России (XX Совещание по подземным водам востока Сибири и Дальнего Востока) (18–22 июня 2012 г.). Иркутск: Географ, 2012. С. 499–503].

Sholokhov P.A., 2021. Aspects of Using the Jurassic Coal-Bearing Underground Waters Deposits as a Source of Water Supply (on the Example of the Irkutsk City). In: Underground Hydrosphere. Proceedings of the National Conference on Groundwater in Eastern Russia (XXIII Conference on Groundwater in Siberia and Far East with International Participation) (June 20–26, 2021). IEC SB RAS, Irkutsk, p. 562–565 (in Russian) [Шолохов П.А. Аспекты использования подземных вод юрских угленосных отложений в качестве источника водоснабжения (на примере г. Иркутска) // Подземная гидросфера: Материалы Всероссийского совещания по подземным водам востока России с международным участием (XXIII Совещание по подземным водам Сибири и Дальнего Востока) (20–26 июня 2021 г.). Иркутск: ИЗК СО РАН, 2021. С. 562–565]. DOI: 10.52619/978-5-9908560-9-7-2021-23-1-562-565.

Sidyakova G.A., 2005. Program of Hydrogeological Works for Water Supply of Populated Areas of the Irkutsk Region. Report on the Work of the Irkutsk Territorial Center for State Monitoring of the Geological Environment of the Federal State Unitary Enterprise Irkutskgeologiya in 2004. Irkutskgeologiya, Irkutsk, 184 p. (in Russian) [Сидякова Г.А. Программа гидрогеологических работ для водоснабжения населенных пунктов Иркутской области: Отчет по работам Иркутского территориального центра государственного мониторинга геологической среды ФГУГП «Иркутскгеология» в 2004 г. Иркутск: Иркутскгеология, 2005 г. 184 с.].

State Geological Map of the Russian Federation, 2009. Angara-Yenisei Series. Scale of 1:1000000. Sheet N-48 (Irkutsk). Explanatory Note. VSEGEI, Saint Petersburg, 574 p. (in Russian) [Государственная геологическая карта Российской Федерации. Серия Ангаро-Енисейская. Масштаб 1:1000000. Лист N-48 (Иркутск): Объяснительная записка. СПб.: ВСЕГЕИ, 2009. 574 с.].

Stepanov V.M., 1989. Introduction to Structural Hydrogeology. Nedra, Moscow, 229 p. (in Russian) [Степанов В.М. Введение в структурную гидрогеологию. М.: Недра, 1989. 229 с.].

Tkachuk V.G., Pinneker E.V., Trofimuk P.I. (Eds), 1968. Hydrogeology of the USSR. Irkutsk Region. Vol. XIX. Nedra, Moscow, 496 p. (in Russian) [Гидрогеология СССР. Иркутская область / Ред. В.Г. Ткачук, Е.В. Пиннекер, П.И. Трофимук. М.: Недра, 1968. Т. XIX. 496 с.].

Voskresensky S.S., Grossval'd I.G., 1956. On Latest Tectonics Reflection in Geomorphology of the Southeastern Cis-Sayan Region. Uchenye Zapiski MGU. Geomorfologiya 182, 169–175 (in Russian) [Воскресенский С.С., Гроссвальд И.Г. Об отражении новейшей тектоники в геоморфологии Юго-Восточного Присаянья // Ученые записки МГУ. Геоморфология. 1956. Вып. 182. С. 169–175].

Zektser I.S., Karimova O.A., Chetverikova A.V., 2015. The Role of Groundwater to Drinking Water Supply of the Urban Population. In: Fundamental and Applied Problems in Hydrogeology. Proceedings of the National Conference on Groundwater in Eastern Russia (XXI Conference on Groundwater in Siberia and Far East with International Participation) (June 22–28, 2015). Melnikov Permafrost Institute SB RAS, Yakutsk, p. 32–34 (in Russian) [Зекцер И.С., Каримова О.А., Четверикова А.В. Роль подземных вод в хозяйственно-питьевом водоснабжении городского населения // Фундаментальные и прикладные проблемы гидрогеологии: Материалы Всероссийского совещания по подземным водам востока России (XXI совещание по подземным водам Сибири и Дальнего Востока с международным участием). Якутск: Институт мерзлотоведения им. П.И. Мельникова СО РАН, 2015. С. 32–34].

Zhulmina G.A., 2014. Assessment of the State of Drinking and Industrial Groundwater Deposits in the Unallocated Subsoil Fund with the Aim of Bringing Their Reserves Into Compliance with Current Legislation in the Republic of Buryatia, Trans-Baikal Territory, and Irkutsk Region. Tomsk-geomonitoring, Tomsk, 231 p. (in Russian) [Жульмина Г.А.

Оценка состояния месторождений питьевых и технических подземных вод в нераспределенном фонде недр с целью приведения их запасов в соответствие с действующим законодательством на территории Республики Бурятия, Забайкальского края и Иркутской области. Томск: Томскгеомониторинг, 2014. 231 с.].

Zhulmina G.A., Balobanenko A.A., 2021. Assessment of Negative Changes in the State of Groundwater in the Baikal Natural Territory. In: Underground Hydrosphere. Proceedings of the National Conference on Groundwater in Eastern Russia (XXIII Conference on Groundwater in Siberia and Far East with International Participation) (June 20–26, 2021). IEC SB RAS, Irkutsk, p. 53–57 (in Russian) [Жульмина Г.А., Балобаненко А.А. Оценка негативного изменения состояния подземных вод Байкальской природной территории // Подземная гидросфера: Материалы Всероссийского совещания по подземным водам востока России с международным участием (XXIII Совещание по подземным водам Сибири и Дальнего Востока) (20–26 июня 2021 г.). Иркутск: ИЭК СО РАН, 2021. С. 53–57]. DOI: 10.52619/978-5-9908560-9-7-2021-23-1-53-57.

Zolotarev A.G., Khrenov P.M. (Eds), 1981. Neotectonic Map of the Southern East Siberia. Scale 1:1500000. Aerogeology, Irkutsk (in Russian) [Карта новейшей тектоники юга Восточной Сибири. Масштаб 1:1500000 / Ред. А.Г. Золотарев, П.М. Хренов. Иркутск: Аэрогеология, 1981].

Zolotykh T.I., 2021. Additional Exploration of the Verkhnekitoysky-1 Site of the Kitoyskoye Groundwater Field to Provide Drinking and Domestic Water Supply to the Population of the Angarsk Urban District. Urangeo JSC, Angarsk Geological Expedition, Irkutsk, 101 p. (in Russian) [Золотых Т.И. Доразведка участка Верхнекитойский-1 Китойского месторождения подземных вод для обеспечения питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения населения Ангарского городского округа. Иркутск: АО Урангео, ОСП Ангарская геологическая экспедиция, 2021. 101 с.].