

УДК 551.24/556.3

ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ ЗАПАДНОГО СКЛОНА СРЕДНЕГО УРАЛА И ИХ ПЕРСПЕКТИВЫ ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Копылов И.С.

Естественнонаучный институт Пермского государственного национального исследовательского университета, Пермь, e-mail: georif@yandex.ru

Характеризуются гидрогеологические условия территории западного склона Среднего Урала в пределах Пермского края. Обобщены материалы региональных гидрогеологических исследований и картографирования. Выполнены гидрогеологическая стратификация и районирование территории. Построена современная гидрогеологическая карта. Выделены и охарактеризованы 14 основных водоносных комплексов и горизонтов зоны активного водообмена, имеющих практическое значение для водоснабжения. Дана их характеристика по водообильности отложений, химическому составу и качеству подземных вод. Отмечается связь водоносности отложений с геодинамическими активными зонами и тектоническими структурами. Основные перспективы поисков подземных вод для обеспечения населения пресной водой связаны с водообильными зонами, обусловленными геодинамическими факторами. Централизованное водоснабжение населенных пунктов и крупных предприятий перспективно развивать в районах развития карбонатных комплексов и бассейнов карстовых вод в пределах крупных водообильных зон, приуроченных к зонам повышенной тектонической трещиноватости и разломам.

Ключевые слова: гидрогеология, пресные подземные воды, водоносные комплексы и горизонты, водообильные зоны, гидрогеологическая карта, Средний Урал

GROUNDWATER OF WESTERN SLOPE OF MIDDLE URALS AND THEIR PROSPECTS FOR WATER SUPPLY

Kopylov I.S.

*Natural Science Institute of the Perm State National Research University, Perm,
e-mail: georif@yandex.ru*

Hydrogeological conditions of the territory of the western slope of the Middle Urals within Perm region are characterized. Materials hydrogeological mapping and investigations are summarized. Hydrogeological stratification and zoning are implemented. Modern hydrogeological map is built. 14 main aquifers of active water exchange zone with different practical importance for water supply are characterized. Characteristics of aquifers by abundance of water, chemical composition and quality of groundwater is given. Communication flow deposits with geodynamic active zones and tectonic structures is observed. The main prospects of prospecting of the ground water to provide the population with fresh water associated with water-bearing zones, due geodynamic factors. The centralized water supply of settlements and the large enterprises is perspective to develop in areas of development of carbonate complexes and pools of karst waters within the large water-bearing zones dated for zones of the raised tectonic jointing and breaks.

Keywords: hydrogeology, fresh ground water, aquifer, water-bearing zones, hydrogeological map, Middle Urals

Территория западного склона Среднего Урала расположена на стыке Предуральского краевого прогиба и Западно-Уральской зоны складчатости, характеризуется сложными гидрогеологическими условиями, обусловленными различными природными и техногенными факторами [2,3, 12, 23-25, 32]. Широкомасштабное загрязнение подземных вод (ПВ), связанное с освоением Кизеловского угольного бассейна (КУБ), нефтегазовых месторождений, индустриальным развитием создает серьезную экологическую проблему [4, 5, 7, 8, 11, 13, 17, 22, 28] для многих населенных пунктов, где наблюдается дефицит пресных ПВ. Существует недостаток современной гидрогеологической информации для поисков ПВ.

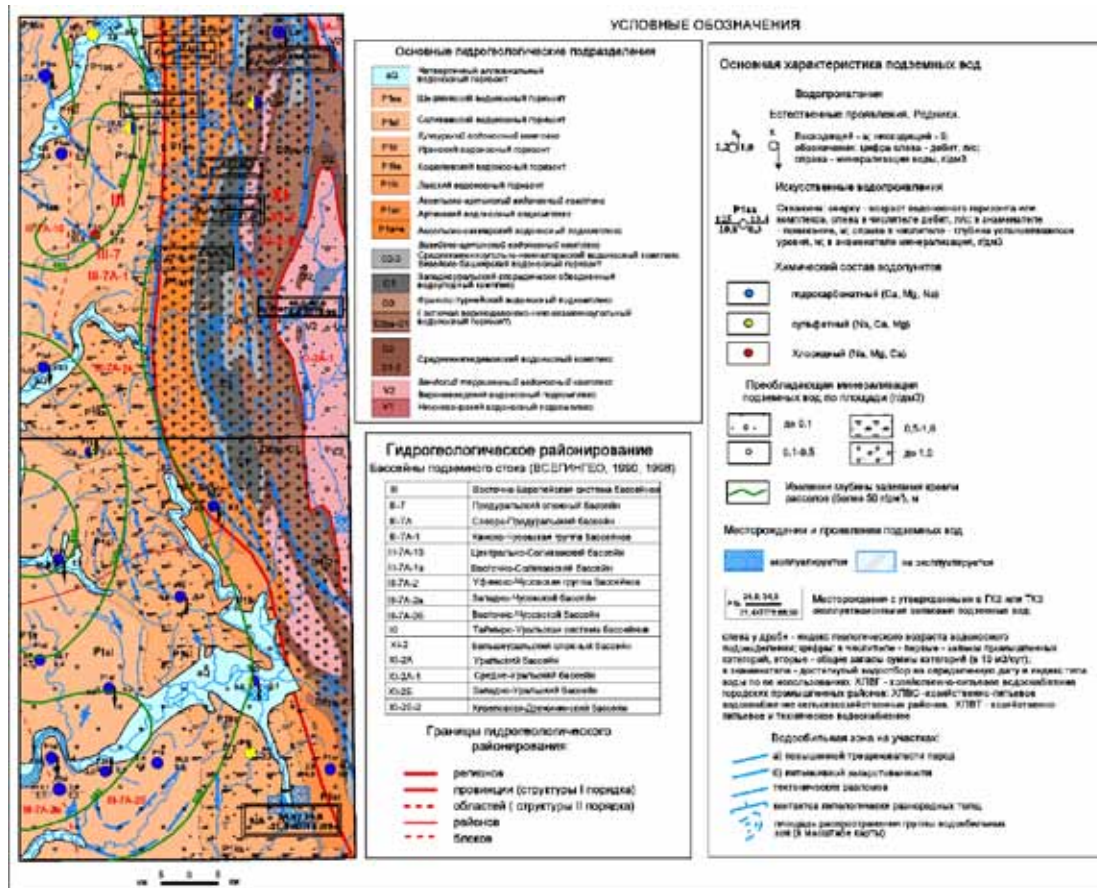
Материалы и методы исследования

Гидрогеологический анализ Среднего Урала сделан на основе материалов среднemasштабной гидрогеологической съемки, выполненной ГП «Запуралгидрогеология» (В.А. Поповцев, Е.А. Иконников и др.),

региональных гидрогеологических и геоэкологических исследований (И.С. Копылов и др.) и геологического доизучения (ГДП-200) листов О-40-Х, XVI, выполненных ФГУП «Геокарта-Пермь», где автором проведено гидрогеологическое картографирование по методике ВСЕГИНГЕО, а также специализированных гидрогеологических исследований с применением дистанционных методов и геоинформационных технологий, выполненных в Пермском госуниверситете [6, 10, 14-20, 26, 27, 33].

Результаты исследования и их обсуждение

В зависимости от вещественного водовмещающих пород, их возрастной принадлежности на территории выделены 14 основных гидрогеологических подразделений [18]. Распространение их показано на гидрогеологической карте; при этом, виду сложного строения и малой ширины выхода в складчатых структурах некоторые водоносные комплексы и горизонты в данном масштабе карты показаны объединенными (рисунки).



Гидрогеологическая карта западного склона Среднего Урала (листы О-40-Х, XVI)

По гидрогеологическим условиям западная часть площади резко отличается от восточной. В западной части территории, в пределах Предура́льского бассейна, в условиях слабо расчлененного рельефа, субгоризонтального залегания пород ПВ находятся в гидрогеологически закрытом артезианском бассейне, обладают большим гидростатическим напором, повышенной минерализацией с различными гидрогеохимическими аномалиями [1, 9, 21, 30]. В восточной части, в пределах Западно-Уральского бассейна в условиях расчлененного рельефа, дизъюнктивной тектоники с проявлением меридиональных зон трещиноватости и закарстованности в которых формируются водообильные зоны [29, 31], ПВ залегают в небольших обособленных бассейнах поверхностного дренирования.

Водоносный четвертичный аллювиальный горизонт (aQ_{II}) распространён в долинах рек: Чусовой, Яйвы, Косьвы, Усьвы, Вильвы. В пределах Предура́льского бассейна, реки имеют широкие долины, достигающие 2-4 км с мощностью аллювия

до 30 м (р.Чусовая у п. Калино). В пределах Уральского бассейна реки имеют каньонообразные долины с незначительным развитием аллювия. ПВ грунтовые, безнапорные. Глубина залегания 0,2-8м. Дебит родников – 0,01-0,5 л/с, скважин – 0,3-21 л/с. Преобладают гидрокарбонатно-кальциевые воды, встречаются воды с повышенной минерализацией, обусловленные подтоком минерализованных вод и техногенным загрязнением. Естественные ресурсы в целом незначительные. Используется для водоснабжения небольших населенных пунктов.

Водоносный четвертичный эллювиально-делювиальный горизонт (edQ_{III-IV}) распространён повсеместно, ввиду обычно незначительной и изменчивой мощности отложений, различного геоморфологического положения и механического состава содержат переменное количество воды в виде верховодки. Химический состав ПВ отличается пестротой и ультрапресной минерализацией. На гидрогеологической карте горизонт не показан, ввиду малой мощности, или незначительной площади распро-

странения. Практического значения почти не имеет за исключением водоснабжения редких деревень.

Водоносный шешминский горизонт (P_{1ss}) приурочен к шешминскому горизонту уфимского яруса нижней перми. Выходит на поверхность в северо-западной части района. Водовмещающими являются песчаники, алевролиты, конгломераты. Небольшая мощность горизонта и преимущественно высокое гипсометрическое положение способствует ее глубокому расчленению, хорошему дренированию и безнапорному характеру ПВ. Дебиты родников от 0,1 до 50 л/с, скважин – от 2,5 до 18,3 л/сек. По химическому составу ПВ гидрокарбонатно-кальциевые с общей минерализацией 0,1-0,4 г/л. Ресурсы невелики, используются в ряде населенных пунктов в бассейне р. Яйва одиночными скважинами, родниками.

Водоносный соликамский горизонт (P_{1sl}) приурочен к соликамскому горизонту уфимского яруса нижней перми. Выходит на поверхность в виде полосы меридионального простирания шириной до 30 км в Предуральском бассейне. Водовмещающими являются мергели, песчаники, алевролиты. Глубина залегания вод 0-22 м. Дебиты родников – 0,05-130 л/с, скважин – 1-25 л/с. Развита пресная гидрокарбонатно-кальциевые, магниевые, натриевые воды с минерализацией 0,1-0,5 г/л, реже встречаются смешанные воды до 3,5 (до 23) г/л. Ресурсы ПВ распределяются неравномерно, участками наблюдаются водообильные зоны, которые могут удовлетворить потребности в питьевой воде крупных населенных пунктов.

Водоносный кунгурский комплекс (P_1k) представлен несколькими водоносными горизонтами в терригенных отложениях кунгурского яруса (иренским – P_{1ir} , кошелевским – P_{1ks} , лекским – P_{1lk}). Развита на поверхности по восточному борту Предуральского прогиба. В верхней трещиноватой зоне, выше эрозионного вреза развиты безнапорные трещинно-грунтовые воды. Глубина залегания ПВ в долинах рек 1,8-12 м, а на водоразделах и склонах – 16-50 м. Дебиты родников – 0,01-65 л/с, скважин – 1-83 л/с. По химическому составу ПВ пресные гидрокарбонатно-кальциевые воды с минерализацией 0,1-0,5 г/л, реже – сульфатно-гидрокарбонатно-натриевые до 4 г/л и хлоридно-натриевые соленые воды – до 44 г/л. Ресурсы ПВ в целом невелики. Большими возможностями обладают водообильные зоны Косьвинско-Чусовской седловины. Используются для водоснабжения городов, поселков, деревень.

Водоносный ассельско-артинский комплекс (P_1a-ar) приурочен к терригенным

толщам ассельского, сакмарского и артинского ярусов нижней перми, включает два водоносных подкомплекса: артинский (P_1ar) и ассельско-сакмарский (P_1a+s). Выходит на поверхность в передовых складках Урала. Водоносными являются песчаники, конгломераты, алевролиты. Глубина залегания ПВ от 0,7 м до 84 м. Дебиты родников – 0,05-60 л/с, скважин – 0,9-42 л/с, удельные дебиты – 0,03-6 л/с. Преобладают гидрокарбонатно-кальциевые воды с минерализацией 0,1-0,5 г/л, реже – сульфатно-кальциевые, натриевые воды до 3 г/л. Ресурсы ПВ распределены неравномерно. Крупные водообильные зоны установлены в долинах р.Лытва и р.Иваки. Используются для водоснабжения г.Александровска, п.Всеволодо-Вильва.

Водоносный визейско-артинский комплекс (C_1v-P_1ar) объединяет среднекаменноугольно-нижнепермский карбонатный водоносный комплекс и визейско-башкирский водоносный терригенный горизонт. Ввиду их сложного строения и малой ширины выхода в складчатых структурах на гидрогеологической карте они показаны, как один комплекс. Описание горизонтов в тексте приводится отдельно.

Водоносный среднекаменноугольно-нижнепермский комплекс ($C_{2,3}-P_1$) объединяет карбонатные отложения от нижней перми до московского яруса среднего карбона. Распространен в виде полосы субмеридионального простирания. Водовмещающие породы – известняки и доломиты. Уровень ПВ комплекса на водоразделах и склонах свободный, а в долинах основных дрен нередко имеет напор до 10-20 м. Глубина залегания уровня трещинно-карстовых вод фиксируется от 3 м до 129 м от поверхности земли. Мощность зоны современной активной циркуляции достигает 500-600 м. Дебит родников от 0,1 до 17 л/с, удельные дебиты скважин до 2,7 л/с. Повышенная водоносность наблюдается вдоль крупных тектонических нарушений. По химическому составу ПВ гидрокарбонатно-кальциевые с общей минерализацией от 0,1 до 0,4 г/л. В Предуральском бассейне ПВ находятся в зоне затрудненного водообмена. Ресурсы ПВ (1307 л/с) в целом являются перспективными для организации централизованных водозаборов в северной части района.

Водоносный визейско-башкирский горизонт (C_1v-C_2b) ограничен региональными водоупорами – визейской терригенной толщей снизу и глинисто-карбонатными породами московского яруса, содержит в себе самый высокопроизводительный водоносный горизонт. Известняки закарстованы до глубины 150 м ниже вреза речных

долин. Глубина залегания ПВ изменяется от 0,9 до 63 м. Дебиты родников – 0,05-300 л/с, скважин – 0,05-17 л/с, удельные дебиты – до 14,3 л/с. Локализация ПВ происходит в зонах тектонических нарушений, омоложенных новейшими движениями. В химическом составе ПВ преобладают гидрокарбонатно-кальциевые с минерализацией от 0,1 до 0,3 г/л, реже сульфатные воды с минерализацией до 0,5 г/л. Ресурсы ПВ весьма значительны, но распределены неравномерно. Используется для водоснабжения г. Чусового (с общей производительностью скважин и родников 5330 м³/сут.), Кизела (2 скважины с водозаборами в 432 и 600 м³/сут.), шахтных поселков.

Спорадически обводненный водоупорный западноуральский комплекс (C_1, zu) распространен в пределах Западноуральского бассейна и приурочен к отложениям западноуральской свиты визейского яруса, содержит в себе серию водоносных горизонтов, приуроченных к пластам трещиноватых кварцевых песчаников. Синклинальное и моноклинальное залегание толщи обусловило напорный характер ПВ. Мощность зоны аэрации составляет 50-75 м. Глубина залегания ПВ от 0,2 м до 611 м и более. Дебит родников 0,1-0,2 л/с, редко – до 25 л/с; дебиты скважин – 0,01-10 л/с, удельные дебиты – до 7 л/с. По химическому составу ПВ гидрокарбонатно-кальциевые с минерализацией от 0,07 до 0,5 г/л. В Предуральском бассейне комплекс находится в зоне затрудненного водообмена. Используется ограниченно.

Водоносный франско-турнейский комплекс ($D_3, fr - C_1, t$) включает известняки франского, фаменского и турнейского ярусов, развитые в восточной части территории, в виде широкой полосы субмеридионального простирания. Основные водоносные горизонты приурочены к пачкам карбонатных пород. Активная циркуляция ПВ осуществляется до глубины 250-300 м. Уровень ПВ вскрывается скважинами от 0 до 73 м. Трещинно-пластовые воды имеют напорный характер. Дебиты родников от 0,1 до 25 л/с, скважин – от 0,1 до 1,1 л/с, при удельных дебитах от 0,01 до 0,4 л/с (до 10-23 л/с в водообильных зонах). Химический состав ПВ в зоне активной циркуляции преимущественно гидрокарбонатно-кальциевый с минерализацией 0,1-0,3 г/л. В результате промышленного загрязнения отмечаются сульфатно-натриевые воды с повышенной минерализацией. Используется для водоснабжения г. Губаха, г. Гремячинск, шахтных поселков.

Водоносный горизонт в карбонатных отложениях турнейского яруса нижнего карбона и верхнего девона выделяется в составе

водоносного франско-турнейского комплекса. Представлен карбонатными породами, содержит единый водоносный горизонт трещинно-карстового типа. Мощность зоны аэрации на водоразделах достигает 100-150 м. Уровень ПВ обычно свободный. Водообильность горизонта распределена неравномерно. Дебиты родников изменяются от 0,01 до 400 л/с, дебит скважин до 10 л/с, удельные дебиты – 0,05-1,04 л/с. По химическому составу ПВ гидрокарбонатно-кальциевые с минерализацией до 0,3 г/л. В результате загрязнения шахтными водами появляются смешанные воды с повышенной минерализацией. Современное использование ресурсов ограничивается отбором воды из каптированных родников и одиночной водозаборной скважины в пос. Скальный.

Водоносный средне-нижнедевонский комплекс (D_{1-2}) приурочен к среднедевонским эйфельским отложениям, представленными в нижней части песчаниками и конгломератами такатинской свиты и битуминозными известняками, доломитами в верхней части. По характеру циркуляции ПВ относятся к трещинно-пластовому типу. Имеют напорный характер. Дебиты родников составляют 0,1-0,5 л/с. По химическому составу ПВ гидрокарбонатно-кальциевые, реже – гидрокарбонатно-сульфатные воды с минерализацией от 0,1 до 0,5 г/л. Ресурсы ПВ ограничены, но вполне достаточны для водоснабжения промышленных объектов населенных пунктов с потребностью до 5 л/с, а в благоприятных условиях до 10-15 л/с.

Водоносный вендский комплекс (V_{1-2}) распространен в восточной части площади, представлен породами сыльвицкой и серебрянской серии. Водовмещающие породы представлены песчаниками и алевролитами. Обводненность вендских образований обуславливается интенсивной их трещиноватостью. Мощность зоны трещиноватости составляет 60-80 м на придолинных участках. ПВ имеют в основном свободный уровень, находящийся на глубине от 0 до 20 м в придолинных участках. Дебиты родников изменяются от 0,01 до 5 л/с; дебиты скважин – 0,4-4 л/с, при удельных дебитах – 0,015-0,22 л/с. Преобладают гидрокарбонатно-натриевые и кальциевые воды с минерализацией 0,1-0,2 г/л. Статические запасы ПВ весьма ограничены в связи с малой глубиной зоны эффективной трещиноватости и, следовательно, незначительными емкостными возможностями. Практически не используется.

Заключение. Наибольшими ресурсами ПВ, пригодных для хозяйственно-бытового и промышленного водоснабжения в пределах Предуральского бассейна обладают

пешминский и соликамский водоносные горизонты, а в пределах Большеуральского бассейна – визейско-башкирский водоносный горизонт и среднекаменноугольно-нижнепермский и франко-турнейский водоносные комплексы. Установлено 18 месторождений пресных хозпитьевых и технических вод, из них эксплуатируются 13 месторождений. Наиболее крупным является Косьвинское месторождение ПВ из среднекаменноугольно-нижнепермского водоносного комплекса. Для централизованного водоснабжения населенных пунктов и крупных предприятий наиболее перспективно использование ПВ в районах развития карбонатных комплексов и бассейнов карстовых вод, а также в пределах водообильных зон, приуроченных к геодинамическим активным зонам с повышенной тектонической трещиноватостью.

Список литературы

1. Абдрахманов Р.Ф., Попов В.Г. Геохимия и природа глубинных маломинерализованных вод Урала и Приуральского прогиба // Известия Уфимского научного центра РАН. – 2015. – № 1. – С. 72-82.
2. Буданов Н.Д. Гидрогеология Урала. – М.: Наука, 1964. – 303 с.
3. Гидрогеология СССР. Т. XIV. Урал / Под ред. И.К.Зайцева. – М.: Недра, 1972. – 648 с.
4. Грязнов О.Н., Новиков В.П., Фельдман А.Л. Гидрогеологические и геоэкологические аспекты разработки рудных месторождений горно-складчатого Урала // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 1995. – № 5. – С. 95.
5. Имайкин А.К., Имайкин К.К. Гидрогеологические условия Кизеловского угольного бассейна во время и после окончания его эксплуатации, прогноз их изменений. – Пермь, 2013. – 112 с.
6. Коноплев А.В., Копылов И.С., Пьянков С.В., Наумов В.А., Ибламинов Р.Г. Разработка принципов и создание единой геoinформационной системы геологической среды г. Перми (инженерная геология и геоэкология) // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6.
7. Копылов И.С. Концепция и методология геоэкологических исследований и картографирования платформенных регионов // Перспективы науки. 2011. № 8 (23). С. 126-129.
8. Копылов И.С. Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 6.
9. Копылов И.С. Гидрогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. – Пермь. – 2012. – С. 145-149.
10. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6.
11. Копылов И.С. Аномалии тяжелых металлов в почвах и снежном покрове города Перми, как проявления факторов геодинамики и техногенеза // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 1-2. – С. 335-339.
12. Копылов И.С. Составление геологического атласа Пермского края // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. – 2013. – № 16. – С. 356-362.
13. Копылов И.С. Закономерности формирования почвенных ландшафтов Приуралья, их геохимические особенности и аномалии // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 4.
14. Копылов И.С. Результаты и перспективы региональных гидрогеологических работ в Пермском крае и их геoinформационное обеспечение // Геoinформационное обеспечение пространственного развития Пермского края. Сб. науч. тр. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь. – 2013. – Вып. 6 – С. 34-40.
15. Копылов И.С. Поиски и картирование водообильных зон при проведении гидрогеологических работ с применением линеаментно-геодинамического анализа // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 93. – С. 468-484.
16. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 4. – С. 69-74.
17. Копылов И.С. Геоэкологическая роль геодинамических активных зон // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 7. – С. 67-71.
18. Копылов И.С. Основные водоносные комплексы Пермского Прикамья и перспективы их использования для водоснабжения // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 9-2. – С. 105-110.
19. Копылов И.С. Гидрогеологическая роль геодинамических активных зон // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 9-3. – С. 86-90.
20. Копылов И.С. Аэрокосмогеологические методы для оценки геодинамической опасности на закарстованных территориях // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 6. – С. 14-19.
21. Копылов И.С. Формирование микроэлементного состава и гидрогеохимических аномальных зон в подземных водах Камского Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. – 2014. – № 3 (24). – С. 30-47.
22. Копылов И.С. Научно-методические основы геоэкологических исследований нефтегазоносных регионов и оценки геологической безопасности городов и объектов с применением дистанционных методов / автореф. дис. ... д-ра геол.о-минералог. наук. – Пермь, 2014. – 48 с.
23. Копылов И.С., Коноплев А.В. Геологическое строение и ресурсы недр в атласе Пермского края // Вестник Пермского университета. Геология. – 2013. – № 3 (20). – С. 5-30.
24. Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г., Осовецкий Б.М. Региональные факторы формирования инженерно-геологических условий территории Пермского края // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 84. – С. 102-112.
25. Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г., Осовецкий Б.М. Инженерно-геологическое изучение, картографирование, районирование территории Пермского края // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11-10. – С. 2190-2195.
26. Копылов И.С., Ликотов Е.Ю. Структурно-геоморфологический, гидрогеологический и геохимический анализ для изучения и оценки геодинамической активности // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 9-3. – С. 602-606.
27. Копылов И.С., Лунев Б.С., Наумова О.Б., Маклашин А.В. Геоморфологические ландшафты, как основа геоэкологического районирования // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11-10. – С. 2196-2201.
28. Копылов И.С., Наумов В.А., Спасский Б.А., Маклашин А.В. Геоэкологическая оценка горно-промышленных и нефтегазоносных закарстованных районов Среднего Урала // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5.
29. Михайлов Г.К., Оборин А.А. Подземная кладовая пресных вод Сылвенского кряжа. – Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2006. – 154 с.: ил.
30. Тихонов А.И., Копылов И.С. Явление поступления глубинных вод из земных недр и их роль в развитии Земли // Вестник Пермского университета. Геология. – 2014. – № 4 (25). – С. 43-55.
31. Шерстнев В.А. Водообильные зоны. – Пермь: ПГУ, 2002. – 132 с.
32. Шимановский Л.А., Шимановская И.А. Пресные подземные воды Пермской области. – Пермь: Кн. изд-во, 1973. – 195 с.
33. Likutov E.Yu., Kopylov I.S. Complex of methods for studying and estimation of geodynamic activity // Tyumen State University Herald. – 2013. – № 4. – С. 101-106.