УДК 551.24/556.3

ОСНОВНЫЕ ВОДОНОСНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ПЕРМСКОГО ПРИКАМЬЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Копылов И.С.

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

Характеризуются гидрогеологические условия и проблемы территории Пермского края: дефицит пресных подземных вод, истощение их запасов, экологические проблемы. Обобщены материалы гидрогеологического картографирования и исследований. Выполнены гидрогеологическая стратификация и районирование территории. Построена современная гидрогеологическая карта. Выделены и охарактеризованы 25 основных водоносных комплексов и горизонтов зоны активного водообмена, имеющих различное 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. Отмечено, что выявлению и картированию водообильных зон будет способствовать комплексирование стандартных гидрогеологических методов с дистанционными методами и геоинформационными технологиями.

Ключевые слова: гидрогеология, пресные подземные воды, водоносные комплексы и горизонты, водообильные зоны, гидрогеологическая карта, Пермский край.

BASIC AQUIFERS PERM PRIKAMYE AND PROSPECTS OF THEIR USE FOR WATER SUPPLY

Kopylov I.S.

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

Hydrogeological conditions and problems of the Perm region: lack of fresh groundwater depletion of their reserves, environmental problems are characterized. Materials hydrogeological mapping and investigations are summarized. Hydrogeological stratification and zoning are implemented. Modern hydrogeological map is built. 25 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. Integration of standard hydrogeological methods with remote methods and geoinformation technologies will contribute to the identification and mapping of the water-bearing zones.

Keywords: hydrogeology, fresh ground water, aquifer, water-bearing zones, hydrogeological map, Perm region.

Введение

Территория Пермского Прикамья – Пермского края является крупным регионом, площадью 160,6 тыс. км^2, с населением – более 3 млн человек, характеризуется большим разнообразием природных условий и ресурсов, сложными гидрогеологическими и гидрогеоэкологическими условиями. В крае разведано 126 месторождений пресных подземных вод, с суммарными эксплуатационными запасами 1125 тыс. м^{3}сут, из них (по данным ГИДЭК – 2010 г.) эксплуатируются 67 месторождений с общим водоотбором 226 тыс. м^3/сут. Текущая потребность в хозяйственно-питьевых водах удовлетворяется подземными водами лишь на 15%. Важнейшими проблемами территории являются отсутствие источников водоснабжения для многих населенных пунктов, дефицит пресных подземных вод, истощение их запасов, экологические проблемы, связанные с повсеместным загрязнением вод, недостаток современной региональной гидрогеологической информации [2, 4, 6, 9-17, 19-21, 24, 27, 28].

Материалы и методы исследования

На основе материалов гидрогеологического картографирования и исследований (Л.И. Шимановский, Г.К. Михайлов, Е.А. Бобров, А.М. Оскотский В.И. Мошковский, Е.А. Иконников, В.А. Поповцев, С.В. Заякин, А.Г. Мелехов, И.М. Синицин, А.В. Ревин, В.П. Куликов, П.П. Ведерников, В.М Балдин, И.С. Копылов и др.) проведены систематизация, анализ данных; выполнена гидрогеологическая стратификация и районирование. В соответствии с [23] территория расположена на стыке и в пределах четырех бассейнов подземных вод первого порядка: I – восточной окраины Восточно-Русского сложного бассейна пластовых вод, II – Предуральского сложного бассейна пластовых вод, III – Тимано-Печорского сложного бассейна пластовых вод, IV – Большеуральского сложного бассейна корово-блоковых вод, разделенные на бассейны (блоки) более низких порядков. В гидрогеологическом разрезе выделяются: водоносные или водоупорные этажи > водоносные комплексы (ВК) > водоносные горизонты (ВГ) или водоносные зоны (ВЗ). Наименования их

приводятся согласно принципам гидрогеологической стратификации [26] и обновленной серийной легендой государственных гидрогеологических карт масштаба 1:200 000 для Пермской серии листов [8] с уточнением. Распространение их с учетом современных геологических и гидрогеологических основ [2, 7, 14, 16, 20] показано на гидрогеологической карте (рис. 1).

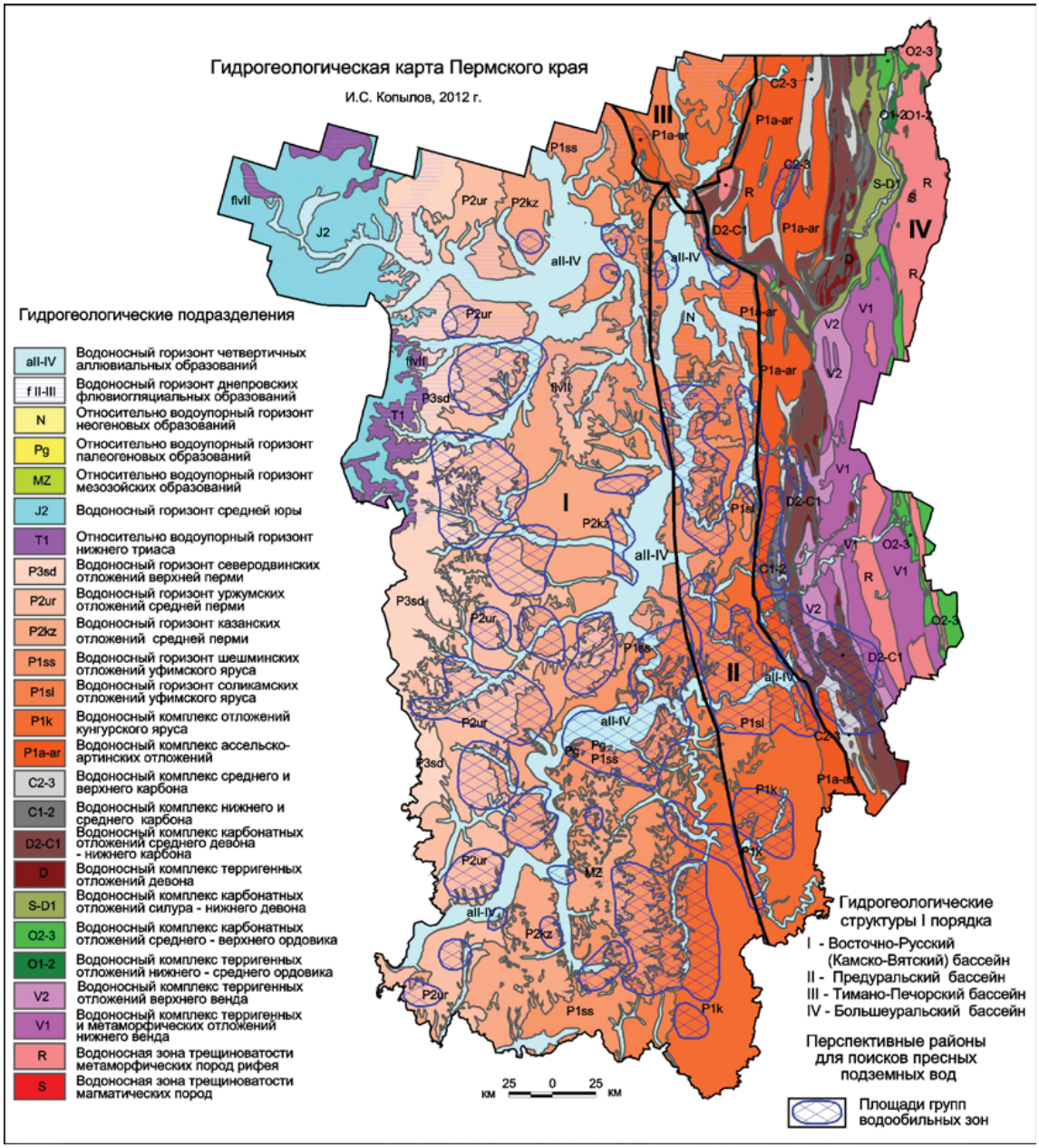

Рис. 1. Основные водоносные комплексы и горизонты Пермского края

Результаты исследования и их обсуждение

В соответствие с изложенными принципами ниже приводится краткая характеристика основных гидрогеологических подразделений, имеющих практическое значение.

Водоносный комплекс кайнозойских образований включает ряд водоносных и водоупорных горизонтов элювиальных, делювиальных, аллювиальных, озерных, болотных, ледниковых, флювиогляциальных, полигенетических образований, а также относительно водоупорные горизонты неогеновых и палеогеновых образований. Все они могут иметь значение для водоснабжения, однако источники их не постоянны во времени, а воды их часто некондиционные по качеству.

Водоносный горизонт четвертичных аллювиальных образований распространён по долинам рек особенно – Камы, Чусовой, Сылвы, Обвы, Иньвы, Чермоза и др. Он объединяет отложения низких аккумулятивных террас (поймы, высокой поймы, I и II надпойменных террас) и верхних цокольных и эрозионно-аккумулятивных террас (III и IV надпойменных террас). Мощность аллювия находится в пределах 5-15 м, достигая 40-50 м в долине р. Камы. В верхней части разреза преобладают глины, суглинки и супеси, в нижней – пески, гравий, галечники. Коэффициенты фильтрации имеют значения в пределах первого десятка м/сут.

Аллювиальные отложения содержат грунтовые безнапорные воды, глубины, залегания которых определяются поверхностью террас над урезом воды и колеблются от 0 до 13 м. Дебиты родников обычно не превышают 0,2-0,3 л/с (до 8 л/с), скважин – 0,3-2 л/с при понижениях 1-7 м. Состав вод преимущественно HCO_3-Ca (Mg-Ca, Na-Ca) с минерализацией 0,1-3 г/дм^3, в среднем 0,2 г/дм^3. Питание подземных вод аллювия малых рек осуществляется за счет атмосферных осадков и притока из коренных отложений. Воды горизонта используются для водоснабжения водозаборами: Усть-Качка, Конец-Бор, Оханск, Кама. Из-за низкого гипсометрического положения помимо болотного загрязнения (Na, Cl, SO_4, NO_3) велика вероятность попадания в него сточных вод.

Водоносный горизонт днепровских флювиогляциальных образований распространён в бассейне рек Весляны, Тимшора, Камы, Косы, Уролки. Связан с кварцевыми мелкозернистыми песками с редкой галькой. Мощность горизонта от 0,5 до 40 м. Воды HCO_3-Ca (Na-Ca) состава с минерализацией 0,1-0,2 г/дм^3. Возможно болотное загрязнение.

Относительно водоупорные горизонты неогеновых и палеогеновых образований распространёны в южной части территории в переуглублённых частях долин рек бассейна р. Буй. Представлены глинами, суглинками, с прослоями и линзами алевролитов, песков и галечников. Мощность отложений горизонтов до 20-25 м. По химическому составу воды HCO_3-Ca (Mg-Ca, Ca-Mg) состава с минерализацией 0,3-0,4 г/дм^3.

Водоносный комплекс мезозойских образований развит в северо-западной части территории в бассейнах рек Весляны, Косы, Иньвы. *Водоносный горизонт средней юры* сложен песками с линзами гравия и гальки, песчаниками и глинами с прослоями алевролитов мощностью до 25 м и более. *Относительно водоупорный горизонт нижнего триаса* сложен глинистыми породами с прослоями песчаников и алевролитов мощностью до 21 м. По составу воды HCO_3-Ca (Na) с минерализацией до 0,5 г/дм^3. Водообильность невысокая, дебит родников не превышает 0,5 л/с. Возможно водоснабжение небольших предприятий и хозяйств.

Водоносный комплекс средней-верхней перми включает водоносные горизонты северодвинских, уржумских и казанских отложений. *Водоносный горизонт северодвинских отложений верхней перми* распространен в западной части территории, полосой с шириной до 30 км пестроцветных песчано-глинистых отложений, спорадически обводненных. Дебиты родников до 1 л/с, состав вод – HCO_3-Ca-Na, с минерализацией до 0,5 г/дм^3.

Водоносный горизонт уржумских отложений средней перми имеет широкое распространение в западной части Пермского Прикамья, с шириной до 120 км, мощностью до 200-260 м. Представлен красноцветной песчано-глинистой толщей с преимущественно песчаниковым (>50%) типом разреза с подчинёнными известняками, конгломератами, аргиллитами. Мощность водонасыщенных слоев составляет 1-5 м, редко достигает 10-15 м и более. По фильтрационным свойствам горизонт крайне неоднороден. Наиболее проницаемые пласты залегают выше местного эрозионного вреза, где формируют родниковый сток, характеризующийся нередко крупными по дебиту родниками (5-20 л/с и более). Водообильность отложений определяется геодинамическими и структурно-тектоническими условиями, с которыми связаны значительные водообильные зоны. Практически все они приурочены к узлам пересечения крупных линеаментов, отождествляемых с тектонических нарушениями и обуславливающими геодинамические активные зоны [12, 18]. По химическому составу воды HCO_3 (Cl-HCO_3, SO_4-Cl-HCO_3)-Na-Mg-Ca (Mg-Na-Ca, Ca-Mg-Na), с минерализацией 0,1-0,5 г/дм^3. Иногда наблюдаются подтоки минерализованных вод. Подземные воды горизонта широко используется для водоснабжения средних населенных пунктов.

Водоносный горизонт казанских отложений приурочен к белебеевской свите казанского яруса средней перми. Распространён восточнее уржумского горизонта, полосой шириной до 30 км. Общая мощность 100-275 м. Отложения представлены

песчаниками, конгломератами, алевролитами, аргиллитами, с линзами известняков, мергелей; но до глубины 100-150 м преобладает глинистый тип разрез (глин >50%). Водоносными являются пласты алевролитов с прослоями песчаников. Мощность водонасыщенных слоев обычно составляет 1-5 м, редко 5-10 м. Характерно спорадическое распространение подземных вод с отдельными водообильными зонами. Крупнейшие водообильные зоны (дебиты родников от 5-20 л/с до 50 л/с) установлены на стыке Пермского свода и Висимской впадины, характеризующимся повышенной геодинамической активностью и трещиноватостью пород [12]. Подземные воды HCO_3 (Ca-Mg и Ca-Na) состава и минерализацией 0,2-0,4 г/дм^3. Ниже местного эрозионного вреза (до глубины 100 м) установлены воды смешанного состава с минерализацией 10-15 г/л (на участках рек Иньвы, Чермоза, Нердвы). Подземные воды могут быть использованы эксплуатацией одиночных скважин производительностью 50-100 м^3/сут.

Водоносный комплекс отложений уфимского яруса включает водоносные горизонты шешминских и сликамских отложений уфимского яруса нижней перми. *Водоносный горизонт шешминских отложений (P_1ss)* приурочен к шешминскому горизонту верхнего подъяруса уфимского яруса. Выходит на поверхность полосой меридионального простирания шириной до 60 км, мощностью от 20-30 до 320-410 м, в придолинных частях рек Камы, Бабки, Тулвы, а также на водоразделах рек Камы и Вишеры, Буя и Быстрого Таныпа. Сложен переслаивающимися песчаниками, алевролитами, аргиллитами, с линзами известняков, мергелей; характерна загипсованность. Водоносными являются трещиноватые прослои пород, толщиной 1-3 м. Дебиты родников от 0,1-0,5 до 5-10 л/с. Состав вод выше эрозионного вреза преимущественно HCO_3-Ca (Mg, Na),с минерализацией 0,2-0,5 г/дм^3, ниже эрозионного вреза преобладают SO_4 (HCO_3-SO_4, CI-SO_4)-Ca (Na, Mg) воды с минерализацией от 1,5 до 14 г/дм^3. Воды горизонта используются населением г. Перми для водоснабжения одиночными скважинами, колодцев и каптажа источников, редко – групповых водозаборов. В пределах водообильных зон возможно сооружение водозаборов с дебитом 1000-2000 м^3/сут.

Водоносный горизонт соликамских отложений приурочен к нижнеуфимскому (соликамскому) горизонту. Выходит на поверхность в виде полосы меридионального простирания шириной до 30 км в Предуральском бассейне и узкой прерывистой полосой в пределах Тулвинской группы бассейнов, иногда перекрываясь шешминскими отложениями, и, погружаясь на запад под шешминский горизонт на глубину более 600 м. Мощность горизонта достигает 300 м и более. Представлен чередованием известняков, мергелей, аргиллитов, песчаников, гипсов. Состав вод преимущественно HCO_3-Mg-Ca с минерализацией до 0,5 г/л, на участках с промышленно-бытовым загрязнением и подтоком вод из нижележащих отложений до 1,0 г/дм^3, состав меняется на HCO_3-CI и HCO_3-SO_4. В нижней зоне надсолевых вод на глубине 300-350 м развиты рассолы CI-Na состава с минерализацией до 155-317 г/дм^3. Имеет большое практическое значение для водоснабжения, однако, из-за плохой защищённости подземные воды подвержены загрязнению.

Водоносный комплекс отложений кунгурского яруса представлен несколькими водоносными и водоупорными горизонтами. *Первый кунгурский (иренский) ВГ* приурочен к западному крылу Пермско-Башкирского свода и крыльям Ксенофонтовско-Колвинского вала и Колвинской седловины. Сложен чередующимися гипсово-ангидритовыми и известняково-доломитовыми пачками, которые водоносны только в месте выхода их на поверхность; с погружением под более молодые породы комплекс становится водоупором *(водоупорный иренский горизонт)*. Верхняя часть разреза подвержена интенсивному карстованию. Состав вод выше эрозионного вреза SO_4-HCO_3-Ca, с минерализацией до 3 г/дм^3. На глубине порядка 100 м минерализация увеличивается до 4,1-9,3 г/дм^3, состав вод SO_4-Ca-Na, CI-Na. Подземные воды горизонта практически не защищены и могут быть подвергнуты загрязнению. *Второй кунгурский ВГ* распространен на поверхности в восточных частях Тимано-Печорского и Предуральского сложных бассейнов. По литологии отличается большим разнообразием. Исходя из фациальной неоднородности и невыдержанности водовмещающих пород, характеризуется сложными гидрогеологическими условиями, разнообразным химическим составом от HCO_3 до HCO_3-SO_4 и SO_4-CI-с минерализацией 0,1-3,0 г/дм^3 и более.

Водоносный комплекс ассельско-артинских отложений занимает прерывистую полосу вдоль восточного борта Предуральского прогиба. Сложен песчаниками, аргиллитами, с прослоями и линзами конгломератов, из-

вестняков, мергелей, мощностью до 330 м. Отложения фациально не выдержанны. Характерно полное отсутствие загипсованности. По составу воды комплекса преимущественно HCO_3-Ca, с минерализацией до 0,1-0,8 г/дм^3. Водоносные комплексы нижней перми в кунгурских и артинских отложениях представляют особый интерес для водоснабжения, особенно на Уфимского плато, где в линейных трещинных зонах дебит родников достигает 1000 л/с, а удельный дебит скважин – 135 л/с [3, 25].

Водоносный комплекс среднего и верхнего карбона развит в пределах западного склона Урала площадями преимущественно субмеридионального простирания и сводовой части Ксенофонтовско-Колвинского вала. Сложен известняками, доломитами с прослоями песчаников, аргиллитов, мергелей толщиной до 200 м. Развиты трещинно-карстовые воды преимущественно HCO_3-Mg-Ca, с минерализацией 0,1-0,7 г/дм^3. Используется для централизованного водоснабжения г. Кизела. Перспективы связаны с линейными водообильными зонами, где дебиты родников достигают 100-400 л/с.

В пределах Большеуральского сложного бассейна корово-блоковых вод развиты следующие водоносные подразделения: *ВК нижнего и среднего карбона, ВК карбонатных отложений среднего девона – нижнего карбона, ВК терригенных отложений девона, ВК карбонатных отложений силура – нижнего девона, ВК карбонатных отложений среднего – верхнего ордовика, ВК терригенных отложений нижнего – среднего ордовика, ВК терригенных отложений верхнего венда, ВК терригенных и метаморфических отложений нижнего венда, водоносная зона трещиноватости метаморфических пород рифея, водоносная зона трещиноватости магматических пород.* Они содержат корово-блоковые воды, приуроченные к трещиноватой зоне коры выветривания и локальным тектоническим трещинам. Первые два ВК содержат трещинно-карстовые воды. В пределах развития тектонических трещин они более водообильны (дебит родников до 1-3 л/с). По составу воды преимущественно HCO_3-Mg-Ca, с минерализацией 0,01 – 0,2 редко до 0,9 г/дм^3. Подземные воды слабо изучены, по данным [1] могут представлять интерес для локального водоснабжения.

Заключение

На территории Пермского края выделены 25 основных водоносных комплексов и горизонтов. Основные перспективы поисков подземных вод для обеспечения населения пресной водой связаны с водообильными зонами, расположенными неравномерно по площади, обусловленными главным образом действием геодинамических и структурно-тектонических факторов. Выявление и картирование водообильных зон наиболее эффективно проводить при комплексировании стандартных гидрогеологических методов с дистанционными методами и применением ГИС-технологий [5, 16, 17, 22, 29] на основе создания баз данных, автоматизированных методов дешифрирования и обработки данных.

Список литературы

1. Абдрахманов Р.Ф., Чалов Ю.Н., Абдрахманова Е.Р. Пресные подземные воды Башкортостана. – Уфа: Информреклама, 2007. – 184 с.

2. Атлас Пермского края / под общей редакцией А.М. Тартаковского. – Екатеринбург: Уральский рабочий, 2012. – 124 с.: ил.

3. Буданов Н.Д. Гидрогеология Урала. – М.: Наука, 1964. – 303 с.

4. Гидрогеология СССР. Т. XIV. Урал / под ред. И.К. Зайцева. – М.: Недра, 1972. – 648 с.

5. Коноплев А.В., Копылов И.С., Пьянков С.В., Наумов В.А., Ибламинов Р.Г. Разработка принципов и создание единой геоинформационной системы геологической среды г. Перми (инженерная геология и геоэкология) // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6. – URL: http://www.science-education.ru/106-7893.

6. Копылов И.С. Геоэкологические исследования нефтегазоносных регионов: Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. – Пермь, 2002. – С. 307.

7. Копылов И.С. Составление гидрогеологической карты Пермской области масштаба 1:500 000 / Информ. карта. – М.: ВГФ, 2002.

8. Копылов И.С. Составление (обновление) серийных легенд государственных гидрогеологических карт масштаба 1:200 000 (Пермская серия) / Информ. карта. – М.: ВГФ, 2003.

9. Копылов И.С. Концепция и методология геоэкологических исследований и картографирования платформенных регионов // Перспективы науки. – 2011. – № 23. – С. 126-129.

10. Копылов И.С. Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 6. – URL: www.science-education.ru/100-5214.

11. Копылов И.С. Гидрогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. – Пермь, 2012. – С. 145-149.

12. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6. – URL:www.science-education.ru/106-7570.

13. 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.

14. Копылов И.С. Составление геологического атласа Пермского края // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. – 2013. – № 16. – С. 356-362.

15. Копылов И.С. Закономерности формирования почвенных ландшафтов Приуралья, их геохимические осо-

бенности и аномалии // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – №. 4. – URL: www.science-education.ru /110-9777.

16. Копылов И.С. Результаты и перспективы региональных гидрогеологических работ в Пермском крае и их геоинформационное обеспечение // Геоинформационное обеспечение пространственного развития Пермского края: сб. науч. тр. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь. – 2013. – Вып. 6 – С. 34-40.

17. 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.

18. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 4. – С. 69-74.

19. Копылов И.С. Геоэкологическая роль геодинамических активных зон // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 7. – С. 67-71.

20. 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.

21. 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.

22. Копылов И.С., Ликутов Е.Ю. Структурно-геоморфологический, гидрогеологический и геохимический анализ для изучения и оценки геодинамической активности // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 9-3. – С. 602-606.

23. Методические основы гидрогеологического районирования территории СССР / Л.А. Островский, Б.Е. Антыпко, Т.А. Конюхова. – М.: Недра. – 1990. – 240 с.

24. Минерально-сырьевые ресурсы Пермского края: энциклопедия / гл. ред. А.И. Кудряшов. – Пермь: Книжная площадь, 2006. – 464 с.

25. Михайлов Г.К., Оборин А.А. Подземная кладовая пресных вод Сылвенского кряжа. – Пермь: Изд-во Пермского ун-та, 2006. – 154 с.: ил.

26. Принципы гидрогеологической стратификации и районирования территории России (методическое письмо) / М.С. Голицын, М.В. Кочетков, Л.В. Леоненко и др. – М.: МПР РФ, 1998. – 21 с.

27. Шерстнев В.А. Водообильные зоны. – Пермь: ПГУ, 2002. – 132 с.

28. Шимановский Л.А., Шимановская И.А. Пресные подземные воды Пермской области. – Пермь: Кн. изд-во, 1973. – 195 с.

29. 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.