

## ГИДРОГЕОЛОГИЯ

УДК 550.46

**Формирование микроэлементного состава  
и гидрогеохимических аномальных зон  
в подземных водах Камского Приуралья****И.С. Копылов**

Естественнонаучный институт Пермского государственного национально-го исследовательского университета, 614990, Пермь, ул. Генкеля, 4

E-mail: georif@yandex.ru

*(Статья поступила в редакцию 17 июля 2014 г.)*

Приводятся результаты гидрогеохимических исследований и картирования в Камском Приуралье. Проанализированы аналитические данные (более 2 тыс. спектральных анализов воды, в основном из родников). Изучены закономерности распределения фоновых значений основных геохимических параметров (макро- и микроэлементов) в подземных водах. Установлены их гидрогеохимические особенности. Проведено гидрогеохимическое районирование и выделены комплексные гидрогеохимические аномальные зоны. Выполненные исследования впервые позволили дать общую оценку гидрогеохимии микроэлементов Западного Урала и Приуралья на региональном уровне. На территории Пермского края выделено большое количество различных гидрогеохимических аномалий. Отмечено превышение предельно-допустимых концентраций 18 микроэлементов по экологическим нормативам. Одни из них имеют регионально повышенные концентрации (Br, B, Ba, Mn, Ti) с формированием обширных аномальных полей, другие проявляются локально (Sb, Be, Cd, V, Cr, Ni, Pb, Sr, F, Zn, Co, Mo, P). Основные аномалии в зоне активного водообмена сгруппированы в 14 комплексных гидрогеохимических аномальных зон с площадями 2,4-9,4 тыс. км<sup>2</sup>. Основными факторами выделенных гидрогеохимических аномалий являются природные условия формирования гидрогеохимических полей при контролирующей роли структурно-тектонического и геодинамического (неотектонического) факторов. Практически все крупные гидрогеохимические аномалии пространственно совпадают с литогеохимическими и геофизическими аномальными зонами, а также с геодинамическими активными зонами.

Ключевые слова: *гидрогеохимия, подземные воды, родники, минерализация, микроэлементы, гидрогеохимические аномальные зоны, Приуралье.*

**Введение**

В течение продолжительной геохимической эволюции в системе вода – порода под действием различных геологических

и физико-химических процессов происходит формирование разнообразных гидрогенно-минеральных комплексов и геохимических типов подземных вод, а также различных гидрогеохимических аномалий

[32, 37]. В последние десятилетия эта равновесно-неравновесная система подвергается сильным изменениям под действием факторов геодинамики и техногенеза.

Основным объектом гидрогеологического изучения и картографирования территории Камского Приуралья (Пермского края) является зона активного водообмена (глубиной преимущественно до 100-150 м). По сложившимся природным гидрогеологическим условиям она оказывает основное влияние на человека и среду его обитания. Воды только этой зоны пригодны для питьевого и промышленного водоснабжения и в то же время наиболее подвержены влиянию техногенеза [23, 34].

Для характеристики и анализа состояния макро- и микрокомпонентного состава подземных вод зоны активного водообмена использовались аналитические данные, полученные в результате проведения среднемасштабной гидрогеологической съемки территории Пермского края (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.), специализированных гидрогеохимических исследований различных организаций и собственные [6, 14–20].

### **Состояние и характеристика подземных вод зоны активного водообмена по минерализации и солевому составу**

Минерализация и солевой состав подземных вод тесно взаимосвязаны друг с другом, с составом водовмещающих пород, степени их промытости, а также с местами разгрузки подземных вод из более глубоких водоносных горизонтов. Химический состав и минерализация вод оказывают большое влияние на состояние природной среды и человека. Недостаток или избыток того или иного компонента в воде может вызывать нарушение обмена веществ и различные заболевания. Выделяются два основных типа гидрогеохими-

ческих аномалий: связанные с природной некондиционностью вод и связанные с антропогенной деятельностью (промышленное, сельскохозяйственное и бытовое загрязнение). Часто в крупных агломерациях промышленное и бытовое загрязнения накладываются друг на друга.

*Гидрокарбонатные воды* наиболее широко распространены в зоне активного водообмена Камского Приуралья. В их анионном составе резко преобладает гидрокарбонат-ион (до 70-90 %). Большое разнообразие литологии вмещающих пород, различная степень их промытости обусловили пестроту катионного состава вод. В целом характерна минерализация до 1,0 г/дм<sup>3</sup>. Воды с минерализацией до 0,1 г/дм<sup>3</sup> чаще всего встречаются в пределах горно-складчатого Урала и связаны с водоносными зонами рифейско-нижнедевонских карбонатных, терригенно-карбонатных, терригенных и метаморфических кварцитовидных пород; с ультраосновными породами связаны гидрокарбонатно-магниевые воды, с кислыми интрузиями – кальциево-натриевые и натриевые. Воды с минерализацией от 0,1 до 0,5 г/дм<sup>3</sup>, различные по катионному составу, занимают большую часть площади и характерны для юрских, триасовых, северодвинских, уржумских, казанских, шешминских, соликамских отложений [22]. Минерализацию 0,5–1,0 г/дм<sup>3</sup> имеют гидрокарбонатно-натриевые воды, развитые на западе Камского Приуралья. Гидрокарбонатные воды различные по катионному составу с минерализацией более 1,0 г/дм<sup>3</sup> связаны с нижнепермскими терригенными отложениями, в пестрой толще которых имеются включения солей, а также с водоносными комплексами средне-верхнекаменноугольных и девонско-нижнекаменноугольных терригенных и терригенно-карбонатных пород. Гидрокарбонатные, сульфатно-гидрокарбонатные кальциевые, натриево-кальциевые, магниевые-кальциевые воды с минерализацией 1–3 г/дм<sup>3</sup> закартированы в пределах казанских (белебеевских) отложений в приустьевой части долины

р. Бол. Тетля, правого притока р. Нердвы, и, очевидно, имеют подток минерализованных сульфатных вод из нижележащих шешминских отложений.

*Сульфатные воды*, а также гидрокарбонатно-сульфатные, хлоридно-сульфатные кальциевые, магниевые, магниевокальциевые, кальциево-магниевые, натриево-кальциевые, натриево-магниевые воды связаны с гипсовой минерализацией. На площадях распространения галогенной толщи иренской свиты в пределах Уфимского вала определена минерализация вод от 1,0 до 3,0 г/дм<sup>3</sup>. Воды с минерализацией до 3 г/дм<sup>3</sup> связаны с шешминским водоносным горизонтом севернее и южнее г. Перми и с кунгурским водоносным комплексом в пределах Ксенофоновского вала. Сульфатные воды обычно имеют повышенную жесткость, следствием чего является образование камней в почках, печени и другие заболевания. Сульфатные воды, формирующиеся за счет растворения галогенных пород, получили широкое распространение в Предуральском крае в прогибе. Они занимают доминирующее положение и на западном погружении Уфимского вала, фиксируют площадь развития гипсово-ангидритовой толщи кунгура. Формируются за счет процессов растворения и выщелачивания, что подтверждается развитием карстовых явлений на этой территории. Сульфатные воды характерны для шешминских отложений, которые отличаются повышенной загипсованностью. Причем, в зоне активного водообмена здесь ниже базиса эрозии формируются гидрокарбонатные, реже гидрокарбонатно-сульфатные воды с минерализацией до 1 г/дм<sup>3</sup>. В условиях замедленной циркуляции и плохой проницаемости пород минерализация вод становится выше 1 г/дм<sup>3</sup> и получают развитие сульфатно-гидрокарбонатные и сульфатные воды.

*Хлоридные воды* связаны в основном с растворением каменной соли среди галогенных пород либо с подтоком минерализованных вод из более глубоких водоносных подразделений. Распространены хло-

ридные, сульфатно-хлоридные и гидрокарбонатно-хлоридные натриевые, кальциево-натриевые, магниевонатриевые воды, среди которых выделяются три группы вод по преобладающей минерализации: до 3, 3–5 и 5–10 г/дм<sup>3</sup>.

Хлоридные воды с минерализацией до 3,0 г/дм<sup>3</sup> закартированы в долине р. Коса, в ее приустьевой части и на протяжении около 60 км выше устья р. Лолог. Приурочены они к уржумским и казанским отложениям, связаны, очевидно, с подтоком глубинных подземных вод по ослабленным зонам. Аналогичные воды вскрыты в приустьевой части долины р. Обвы и в приустьевой части долины р. Нердвы общей площадью около 500 км<sup>2</sup>. Хлоридные воды с минерализацией 1,0–3,0 г/дм<sup>3</sup> закартированы в бассейне р. Тулвы от ее истоков до устья р. Ашап площадью около 800 км<sup>2</sup>. Они приурочены к шешминским отложениям, для которых хлоридная минерализация не характерна. Вероятно, данная аномалия обусловлена природно-техногенными процессами при освоении нефтяных месторождений района. Хлоридные воды, различные по катионному составу с минерализацией до 3 г/дм<sup>3</sup>, довольно часто встречаются в виде небольших по площади участков в пределах кунгурской сульфатно-карбонатно-терригенной свиты [27], прослеживаются полосой меридионального простирания шириной от 2,5 в центральной части до 50 км на юге Предуральского прогиба и до 25 км в Тимано-Печорском прогибе. На междуречье Камы с Вишерой и Вишеры с Язьвой они приурочены к соликамской терригенно-карбонатной свите. В пределах кунгурского водоносного комплекса и ольховского горизонта пестрота состава обусловлена литологическими особенностями, в остальных многочисленных случаях помимо литологии в равной степени значительную роль играет разгрузка из нижележащих отложений. Это небольшие по площади участки: на междуречье Камы и Сумыча, приуроченные к шешминским и аллювиальным отложениям; в долине рек Уролки, Ульвы выше устья р. Ульвы –

в пределах уржумских, казанских и аллювиальных отложений; в верховьях рек Сев. Кондаса, Сырьи, Гижги – в пределах уржумских и казанских отложений; в устьевой части р. Яйвы; на левобережье р. Камы в районе Нижних Мулов; в долине р. Юмыш (правобережного притока р. Бабки) – в пределах шешминских отложений; в районе г. Чернушки (западнее, восточнее и южнее) – в шешминских и соликамских отложениях.

Хлоридные воды с минерализацией 3,0-5,0 г/дм<sup>3</sup> закартированы в долине р. Иньвы и устьевых частях ее притоков Кувы и Велвы. Приурочены к среднепермскому терригенному комплексу площадью около 350 км<sup>2</sup>. Связаны, вероятно, с подтоком подземных вод из более глубоко залегающих водоносных комплексов. Хлоридные воды с минерализацией до 10 г/дм<sup>3</sup> закартированы в устьевой части правого притока р. Боровой в 20 км выше ее устья площадью около 25 км<sup>2</sup>. Аномальный участок хлоридных вод установлен в устьевой части долины р. Чермоз площадью около 260 км<sup>2</sup>, приурочен к уржумским, казанским и шешминским отложениям, связан, очевидно, с подтоком подземных вод из более глубоких водоносных горизонтов. Участок хлоридных, сульфатно-хлоридных и гидрокарбонатно-хлоридных натриевых и других по катионному составу вод с минерализацией до 10 г/дм<sup>3</sup> и более выделен в долине р. Усолки от ее приустьевой части и выше площадью около 125 км<sup>2</sup>, а также закартирован в долине правого притока р. Усолки в районе г. Соликамска.

#### **Характеристика подземных вод по микроэлементному составу**

При проведении гидрогеологических съемок было проанализировано более 2 тысяч проб воды из родников, из которых были приняты к обработке 1930 спектральных анализов (ПКСА) воды с определением 30 распространенных элементов. Установлены 14 микроэлементов с относительно высокими концентрациями,

превышающими предельно-допустимые концентрации (ПДК – по СанПиН 2.1.4.1074-01): Ва, Мп, Тi, Ве, Сd, Sb, Pb, Sr, Ni, V, Cr, Zn, Со, Мо.

*Барий* (2 класс опасности, ПДК – 0,1 мг/дм<sup>3</sup>). Литологически связан с среднепермской галечно-песчано-глинистой пестроцветной формацией (медистых песчаников), которая является, очевидно, баритосодержащей (барит, баритокальцит) и лимитируется наличием в воде сульфатов. Относится к элементам малого диапазона водной миграции и мигрирует в основном в виде иона Ва<sup>2+</sup> (до 90%), комплексного иона Ва(НСО<sub>3</sub>)<sup>+</sup> и ионной ассоциации ВаSO<sub>4</sub>. Это один из наиболее встречаемых микроэлементов. Содержание его в водах родников от 0 до 4,97, в среднем 0,13 мг/дм<sup>3</sup>. Прослеживается меридиональной полосой по простиранию уржумских и казанских отложений. Установлено 765 точек с содержаниями Ва выше ПДК (до 50 ПДК). Площади с наиболее встречающимися значениями – от менее 0,1 до 0,5 мг/дм<sup>3</sup> – занимают около 90 % рассматриваемой территории и относятся к площадям с допустимой и умеренно-опасной степенью загрязнения. Площади с опасной и чрезвычайно опасной степенью загрязнения распространены локально в основном в западной части территории; выделяются два более крупных аномальных участка – в нижней части бассейна р. Чермоз и на левобережье р. Камы от долины р. Юг до долины р. Паль и истоков р. Бабки. Аномалии приурочены, очевидно, к низам казанских отложений. Выделяются еще 43 локальных участка с аналогичным содержанием бария.

*Марганец* (3 класс опасности, ПДК – 0,1 мг/дм<sup>3</sup>) относится к элементам широкого диапазона водной миграции, образует обширные ореолы рассеивания вокруг источников загрязнения [35]. С.Р. Крайнов и В.М. Швец относят Мп к элементам, формирующим провинции с регионально повышенными (по сравнению с ПДК) концентрациями [24]. На платформе он, вероятно, связан с марганценосностью карбонатных отложений

уфимского яруса. Участки с повышенными значениями распределены по территории в виде отдельных пятен, геохимическое поле Mn очень дифференцировано. Содержание его в водах родников от 0 до 4,0, в среднем 0,06 мг/дм<sup>3</sup>. Установлено 267 точек с содержаниями Mn выше ПДК (до 70,6 ПДК). Около 90 % территории относится к допустимой степени загрязнения (<1 ПДК), 9 % – к умеренно опасной (1-10 ПДК) и менее 1 % территории – опасной (10-15 ПДК) и чрезвычайно опасной (более 15 ПДК). Выделяются несколько аномальных участков: два наиболее крупных участка в среднем течении рек Вишеры и Колвы, в среднем течении р. Чусовой и на юго-востоке территории восточнее с. Суксун.

*Титан* (3 класс опасности, ПДК – 0,1 мг/дм<sup>3</sup>) относится к элементам широкого диапазона водной миграции. Это также часто встречающийся элемент. Содержание Ti в водах родников от 0 до 2,0, в среднем 0,02 мг/дм<sup>3</sup>. Установлено 68 точек с содержаниями Ti выше ПДК (до 20 ПДК). Повышенные значения Ti могут быть связаны с дайками трапповых диабазов и габбро-диабазов. Возможно, влияние оказывают геохимические и металлогенические специализированные блоки земной коры. Границы Воткинского аномального района (выделенного по В.А. Чувилину и др., 1996ф) пространственно совмещаются с контуром Верхнекамско-Калтасинского авлакогена, выполненного комплексом пород верхнего протерозоя (бавлинский горизонт) с достоверно установленным проявлением вулканизма, что, по-видимому, обусловило титано-марганцевую специализацию. Аномальные участки почти на 50 % связаны с отложениями кунгурского яруса, реже с шешминскими, казанскими и соликамскими отложениями и приурочены к зонам геодинамической активности. Вблизи этих аномальных зон встречены Sb, Sr. Выделены 3 аномальных участка по содержанию Ti: 1) Чусовской – охватывает бассейн р. Чусовой от ее устья до устья р. Бол. Вашкар, площадь около

450 км<sup>2</sup>; содержание Ti в воде от 0,12 до 2,01 г/дм<sup>3</sup> (1,2-20,1 ПДК); 2) Сылвинский – в бассейне р. Сылва у юго-восточной границы территории, площадь 140 км<sup>2</sup>, содержание Ti составляет 0,11-0,89 г/дм<sup>3</sup> (1,1-8,9 ПДК); 3) Тулвинский – в бассейне р. Тулвы, площадь 130 км<sup>2</sup>, содержание Ti от 0,12 до 0,27 г/дм<sup>3</sup> (1,2-2,7 ПДК).

*Сурьма* (2 класс опасности, ПДК – 0,05 мг/дм<sup>3</sup>), относится к элементам малого диапазона водной миграции. Входит в состав более 90 минералов. В воду Sb может попадать при растворении в толще земной коры сульфидов и оксидов. Содержание Sb в водах родников Приуралья от 0 до 0,72, в среднем 0,004 мг/дм<sup>3</sup>. Установлено 37 точек с содержаниями Sb выше ПДК (до 14,3 ПДК). Практически все аномальные точки (95 %) попадают в полосу распространения среднепермских отложений. Выделяются несколько небольших по площади аномальных участков: 1) в верховьях р. Тулвы, комплексирующийся с аномалией Ti; 2) на правобережье р. Камы от устья р. Ошар субмеридиального простирания до Воткинского водохранилища; 3) в долине р. Нытвы субширотного простирания, секущий р. Каму южнее г. Краснокамска; 4) на водоразделе рек Обва и Язьва; 5) в долине р. Вильвы, в устьевой части долины р. Ники; 6) в бассейне р. Кондас; 7) в верховье р. Вишеры.

*Бериллий* (1 класс опасности, ПДК – 0,0002 мг/дм<sup>3</sup>). Содержание Be в водах родников Приуралья от 0 до 0,003, в среднем 0,000005 мг/дм<sup>3</sup>. Аномалии обычно точечные, часто ассоциируется с Cd или Sr. Установлено 26 точек с содержаниями выше ПДК (до 15 ПДК). Аномалия с максимальным значением отмечена на правобережье р. Обвы в районе д. Ярино; аномалия с содержанием до 5 ПДК установлена на правобережье р. Вишеры; аномалия до 4 ПДК отмечена в долине рек Колвы и Низьвы (в приустьевой части). Из-за низкой чувствительности ПКСА (2·10<sup>-4</sup>) информативность явно недостаточна для характеристики геохимического поля этого элемента.

*Свинец* (2 класс опасности, ПДК – 0,03 мг/дм<sup>3</sup>). Содержание Pb в водах родников Приуралья от 0 до 0,17, в среднем 0,001 мг/дм<sup>3</sup>. Установлено 23 точки с содержаниями Pb выше ПДК (до 5,8 ПДК), которые разбросаны изолированно по всей территории. Аномалии с максимальными значениями ПДК отмечены на севере и связаны с карбонатными отложениями нижнего карбона. Повышенные значения Pb отмечаются как в фоновых ненаселенных таежных участках горного Урала, так и на платформе, в промышленно освоенных территориях, где их можно увязать с транспортными магистралями и населенными пунктами.

*Кадмий* (2 класс опасности, ПДК – 0,001 мг/дм<sup>3</sup>). Содержание Cd в водах родников Приуралья от 0 до 0,006, в среднем 0,000004 мг/дм<sup>3</sup>. Установлен аномальный участок на правом берегу р. Сылвы от п. Серьга до устьевой части р. Юрман (до 6,2 ПДК). Также определены несколько точечных кадмиевых аномалий, которые комплексуются с аномалиями содержания Be: в междуречье рек Сылвы, Камы, Бабки; в междуречье рек Бабки и Ирени (1,5 ПДК); две аномалии отмечены на правом берегу Камского водохранилища в районе Пожвы (1,1 ПДК) и на левобережье этого водохранилища в 15 км юго-восточнее п. Пожвы (1,8 ПДК).

*Стронций* (2 класс опасности, ПДК – 7,0 мг/дм<sup>3</sup>). Содержание Sr в водах родников от 0 до 61,4, в среднем 0,46 мг/дм<sup>3</sup>. Установлено 19 точек с содержаниями Sr выше ПДК (до 8,7 ПДК), аномалии в основном точечные. Максимальные значения Sr установлены в районе Кунгурского аномального блока (В.А. Чувиллин и др., 1996ф), где Sr является спутником Са (вплоть до образования собственных минералов типа целестина) в общей зоне распространения месторождений гипса, ангидрита и других пород нижней перми. Аномалии Sr комплексуются с Сылвинской и Тулвинской титановыми аномалиями (1,9 ПДК), Сылвинской кадмиево-бериллиевой аномалией (2 ПДК). Оди-

ночные аномалии Sr отмечены на севере территории в 10 км южнее Чусовского озера (1,8 ПДК); на р. Юг (1,4 ПДК); в долине р. Ошоп (1,8 ПДК).

*Никель* (3 класс опасности, ПДК – 0,1 мг/дм<sup>3</sup>) относится к элементам с широким диапазоном водной миграции, особенно в кислых водах. Содержание Ni в водах родников Приуралья от 0 до 4,3, в среднем 0,008 г/дм<sup>3</sup>. Установлено 17 точек с содержаниями его выше ПДК. Возрастная приуроченность родников с аномалиями содержания Ni довольно пестрая. Чаще всего аномальные значения Ni встречаются на северо-востоке территории в пределах горного Урала, в бассейне среднего и верхнего течения р. Березовой, где установлена обширная аномалия. Максимальное значение Ni (42,9 ПДК) отмечено на левобережье р. Камы в пределах сурьмяной аномалии ниже г. Краснокамска напротив п. Уральский. Никелевые аномалии чаще ассоциируются с хромовыми аномалиями.

*Ванадий* (3 класс опасности, ПДК – 0,1 мг/дм<sup>3</sup>) относится к элементам с широким диапазоном водной миграции. Аномалии V тяготеют к западной части территории Камского Приуралья и связаны с триасовыми и уржумскими отложениями; их природу можно связывать с среднепермскими медистыми песчаниками, в составе которых содержится более 1% ванадия. Содержание V в водах родников Приуралья от 0 до 0,72, в среднем 0,007 мг/дм<sup>3</sup>. Установлено 11 точек с содержаниями его выше ПДК (до 7,2 ПДК). Закартированы следующие аномалии V: западнее г. Нытвы около п. Чекмени (1,3 ПДК) в пределах сурьмяной аномалии; Верещагинская аномалия (3,1 ПДК); Карагайская аномалия (1,1 ПДК) в 4 км юго-западнее бериллиевой аномалии; аномалия на р. Сюрол около п. Чугайнов Хутор (5,3 ПДК); аномалия на левобережье р. Косы около п. Шорша (3,3 ПДК); аномалия в 2,5 км восточнее с. Юксеево (7,2 ПДК).

*Хром* (3 класс опасности, ПДК – 0,5 мг/дм<sup>3</sup>) относится к элементам малого

диапазона водной миграции. Содержание  $\text{Cr}$  в водах родников Приуралья от 0 до 3,08, в среднем 0,02 мг/дм<sup>3</sup>. Установлено 9 точек с содержаниями  $\text{Cr}$  выше ПДК. Возрастная корреляция родников с аномалиями содержания  $\text{Cr}$  отсутствует. Точечные аномалии распространены на северо-востоке территории и ассоциируются с никелевыми аномалиями почти во всех точках и в одной точке с кобальтом. Максимальное аномальное содержание  $\text{Cr}$  (5,6 ПДК) установлено на р. Гижга, около д. Загизга.

*Цинк* (3 класс опасности, ПДК – 1,0 мг/дм<sup>3</sup>) относится к элементам широкой водной миграции. Содержание  $\text{Zn}$  в водах родников Приуралья от 0 до 1,34, в среднем 0,013 мг/дм<sup>3</sup>. Отмечены только 2 аномальные точки со значениями 1,2 и 1,3 мг/дм<sup>3</sup> (до 1,3 ПДК) на северо-востоке территории, которые совпадают со стронциевой и никелевой точечными аномалиями.

*Молибден* (2 класс опасности, ПДК – 0,25 мг/дм<sup>3</sup>) относится к элементам широкого диапазона водной миграции. Содержание  $\text{Mo}$  в водах родников от 0 до 0,36, в среднем 0,0009 мг/дм<sup>3</sup>. В аномальных точках значения до 1,45 ПДК.

*Кобальт* (2 класс опасности, ПДК – 0,1 мг/дм<sup>3</sup>) относится к элементам малого диапазона водной миграции. Содержание  $\text{Co}$  в водах родников от 0 до 0,19, в среднем 0,0006 мг/дм<sup>3</sup>. В аномальных точках значения  $\text{Co}$  до 1,86 ПДК, ассоциируется с аномалиями по хрому.

### **Характеристика и оценка подземных вод по галоидам**

В процессе гидрогеологических съемок сделано 1029 химических анализов подземных вод на галоиды. Общий анализ распределения галоидов в подземных водах показывает очень высокое среднее содержание брома и бора (превышающих ПДК) с формированием обширных аномальных зон и общий дефицит фтора и йода, которые образуют лишь редкие и небольшие по площади аномалии.

*Бром и бор* (элементы 2 класса опасности, ПДК:  $\text{Br}$  – 0,2 мг/дм<sup>3</sup>;  $\text{B}$  – 0,5 мг/дм<sup>3</sup>). Эти элементы часто встречаются вместе, образуют комплексные аномалии. Содержание брома в подземных вод Камского Приуралья от 0 до 15,98, в среднем 0,59 мг/дм<sup>3</sup>, содержание бора – от 0 до 30,0, в среднем 0,52 мг/дм<sup>3</sup>. Обширная аномальная зона высоких содержаний  $\text{Br}$  (по степени загрязнения относящаяся к опасной и чрезвычайно опасной) картируется в бассейнах Косы, Велвы, Иньвы, Обвы [19]. Здесь отмечаются максимальные значения  $\text{Br}$  (до 80 ПДК). В этом районе фиксируется значительное количество восходящих источников и некоторое общее увеличение минерализации по родниковому стоку до 0,5 мг/дм<sup>3</sup> относительно фона 0,3 мг/дм<sup>3</sup>. Возможно, повышение содержания  $\text{Br}$  связано с фильтрационными перетоками из зоны затрудненного водообмена на участках тектонической трещиноватости, особенно на участках нефтепоисковых и разведочных работ. Второй значительный по площади аномальный участок с опасным и чрезвычайно опасным уровнем загрязнения выделяется на юго-западе Камского Приуралья в бассейне р. Сивы с содержанием брома до 5,23 мг/дм<sup>3</sup> и бора до 20,0 мг/дм<sup>3</sup>. Вполне возможно, что эта аномалия связана с разработкой нефтяных месторождений, как и ее продолжение в бассейне р. Тулвы, относящееся к умеренно опасной категории загрязнения. Третий участок по величине площади распространения – Соликамско-Березниковский – связан преимущественно с борным загрязнением до 32 ПДК и реже бромным до 10,4 ПДК. Высокие содержания галоидов здесь могут быть связаны как с разработкой нефтяных месторождений, так и выщелачиванием бора из солей нижнепермских отложений. Четвертый и пятый аномальные участки развиты на юго-востоке территории в бассейнах рек Сылвы. Шаквы, Барды, содержание брома достигает 8 ПДК, бора – 4–8 ПДК, участки приурочены к кунгурским терригенным отложениям. Аномалия южнее г. Перми на междуречье Сылвы, Камы и

Бабки, содержит 15,2 ПДК Br, может быть обусловлена разработкой нефтяных месторождений. Две аномалии небольшие по размеру, но с очень высоким содержанием Br и B – соответственно до 40 и 50,6 ПДК – выделяются в бассейне рек Колвы и Вишеры, они связаны с терригенными кунгурскими отложениями. На одной из них отмечается значительное повышение минерализации родникового стока до 24,3 мг/дм<sup>3</sup>. На Вишере выделена точечная аномалия с максимальным содержанием бора – до 60 ПДК. Восточнее ее расположена тоже маленькая по площади аномалия с содержанием брома до 29,3 ПДК, бора до 8 ПДК (в районе нефтяных месторождений). Кроме этого, выделяется еще довольно много мелких и точечных аномалий галоидов. Необходимо отметить, что ряд довольно крупных аномалий содержания B и Br – Сылвинская, Пермская, Тулвенская и др. – совпадают с аномальными зонами по микрокомпонентного состава подземных вод, а также с участками повышенной минерализации.

*Фтор* (2 класс опасности, ПДК – 1,5 мг/дм<sup>3</sup>). Пермский край относится к территориям с дефицитом фтора. Фторирование питьевых вод является одним из элементов водоподготовки. Содержание F в подземных водах от 0 до 20,0, в среднем 0,12 мг/дм<sup>3</sup>. Отмечено лишь несколько участков с повышенными содержаниями F в скважинах на севере территории в долине р. Камы от устья р. Уролки до устья р. Тимшора и в долине р. Пильва, где наблюдается аномалия с максимальным содержанием фтора до 20 мг/дм<sup>3</sup> (13,3 ПДК). Точечные аномалии с содержаниями F 1,3 ПДК отмечены на р. Колве около п. Ракшер, на р. Березовой (у Валайских бараксов), на р. Каме около пп. Усть-Коса и Гайны, на р. Ульвич около п. Талая. Аномальный участок выделен в районе г. Кудымкара в долинах рек Иньвы, Велвы, Лопвы, в его подземных водах содержание фтора до 2,3 ПДК. Эта аномалия прослеживается и в поверхностных водах. В долине р. Нердвы около

п. Ленинск выделяется точечная аномалия с содержанием F до 2,3 ПДК. На правобережье р. Камы установлены 2 аномалии, связанные с уржумскими и казанскими отложениями: аномалия в долине р. Нытвы и аномалия на водоразделе рек Очер, Соснова, Чепца со значениями до 2 ПДК. На междуречье Камы, Чусовой и Сылвы в нижнесоликамских отложениях выделяются 2 аномалии с содержанием F до 1,6 ПДК.

### **Комплексные гидрогеохимические аномальные зоны**

На территории Камского Приуралья установлено большое количество различных гидрогеохимических аномалий. Отмечено превышение ПДК 18 элементов. Одни из них имеют регионально повышенные концентрации (Br, B, Ba, Mn, Ti) с формированием обширных аномальных полей, другие проявляются локально (Sb, Be, Cd, V, Cr, Ni, Pb, Sr, F), третьи имеют единичное значение (Zn, Co, Mo, P). Основные аномалии в зоне активного водообмена сгруппированы в 14 комплексных гидрогеохимических аномальных зон (АЗ) с площадями 2,4-9,4 тыс. км<sup>2</sup> [11]. Их пространственное размещение показано на рис. 1. Ниже приводится краткая характеристика аномальных зон.

1. *Колвинская АЗ* (площадь 5600 км<sup>2</sup>) расположена на севере и северо-востоке Камского Приуралья в бассейне рек Колвы, Вишерки, Березовой. В тектоническом отношении занимает положение на нескольких крупных структурах: Вычегодской впадине, Колвинской седловине, Соликамской депрессии и передовых складок Урала. Подземные воды в пределах данной зоны приурочены к водоносным подразделениям: аллювиальному четвертичному и соликамскому водоносным горизонтам; водоносным комплексам кунгурского яруса, ассельско-артинских отложений, терригенно-карбонатных отложений среднего девона – нижнего карбона; водоносной зоне трещиноватости метаморфических пород рифея.



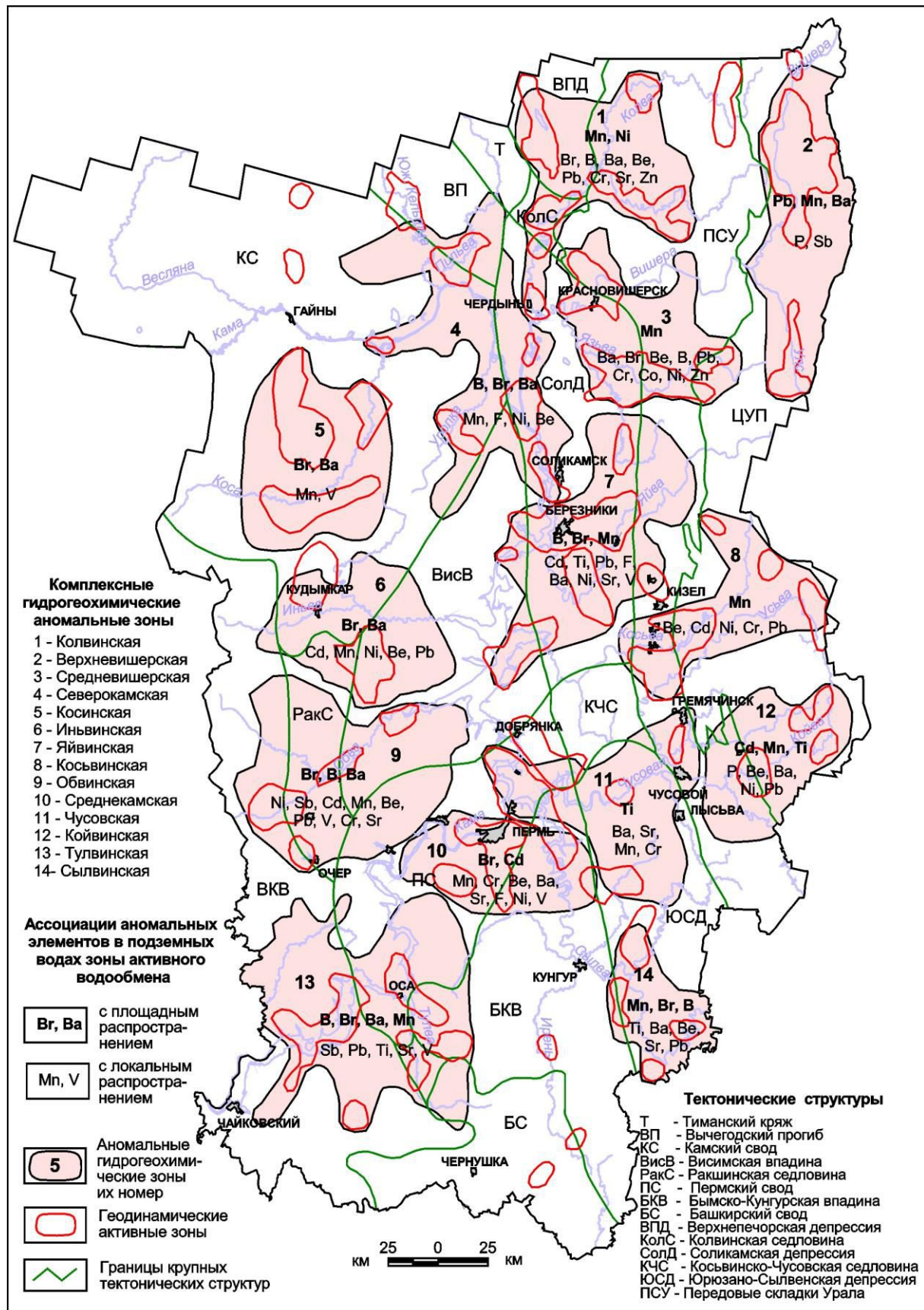


Рис. 1. Комплексные гидрогеохимические аномальные зоны Камского Приуралья

Минерализация подземных вод здесь изменяется от 0,2 до 3,0 г/дм<sup>3</sup>. АЗ выделяется как площадная аномалия содержания Mn до 8,5 ПДК, Ni до 2,0 ПДК со следующими локальными и точечными аномалиями: Br – до 50,6 ПДК, Ba – до 8,4 ПДК, B – до 8,0 ПДК, Be – до 4,0 ПДК, Pb – до 2,6 ПДК, Cr – до 2,3 ПДК, Sr – до 1,7 ПДК, Zn – до 1,3 ПДК.

2. *Верхневещерская АЗ* (площадь 5700 км<sup>2</sup>) расположена на северо-востоке Камского Приуралья в бассейне рек Вишеры (в верховье) и Улса, в пределах Центрально-Уральского поднятия. Подземные воды приурочены к водоносным комплексам карбонатных отложений силура – нижнего девона, карбонатных отложений среднего – верхнего ордовика, терригенных отложений нижнего – среднего ордовика, верхнего венда, терригенных и метаморфических отложений нижнего венда; водоносной зоне трещиноватости метаморфических пород рифея, водоносной зоне трещиноватости магматических пород. Минерализация вод обычно не превышает 0,1-0,2 г/дм<sup>3</sup>. Выделяется как площадная аномалия содержания Pb до 30 ПДК, Mn – до 30 ПДК, Ba – до 2,0 ПДК с локальными и точечными аномалиями P – до 10,7 ПДК; Sb – до 2,4 ПДК.

3. *Средневещерская АЗ* (площадь 4800 км<sup>2</sup>) расположена на севере Камского Приуралья в бассейне рек Вишеры и Язьвы, в пределах северо-восточной части Соликамской депрессии, передовых складок Урала, Центрально-Уральского поднятия. Подземные воды приурочены к аллювиальному четвертичному водоносному горизонту; к водоносным комплексам кунгурского яруса, ассельско-артинских отложений, нижнего и среднего карбона, терригенных отложений девона, терригенных отложений верхнего венда. Минерализация вод в основном 0,2-0,3 г/дм<sup>3</sup>. Площадная аномалия содержания Mn до 32,2 ПДК, к точечным можно отнести аномалии содержания Ba – до 49,7 ПДК, Br – до 29,3 ПДК, Be – 15,0 ПДК, B – до 14,0 ПДК, Pb – до 5,6 ПДК, Cr – до 2,2 ПДК, Co – до 1,9 ПДК, Ni – до 1,6 ПДК,

Zn – до 1,2 ПДК.

4. *Северокамская АЗ* (площадь 7700 км<sup>2</sup>) расположена на севере Камского Приуралья в верховье р. Камы, низовье Юж. Кельтмы, Пильвы, Вишеры, Уролки. В тектоническом отношении расположена на границах и в пределах Камского свода, Вычегодской и Висимской впадин и Соликамской депрессии. Связана с водоносными горизонтами четвертичных аллювиальных и днепровских флювиогляциальных образований; водоносными горизонтами казанских, шешминских и соликамских отложений. Минерализация подземных вод в основном 0,2-0,3 г/дм<sup>3</sup>. Выделяется как площадная аномалия содержания B – до 60,0 ПДК, Br – 29,9 ПДК, Ba – до 8,9 ПДК, с точечными аномалиями Mn – до 18,8 ПДК, F – до 13,3 ПДК, Ni – до 4,9 ПДК, Be – до 2,0 ПДК.

5. *Косинская АЗ* (площадь 5900 км<sup>2</sup>) расположена на северо-западе Камского Приуралья в бассейне р. Косы; в тектоническом отношении – в южной части Камского свода. Приурочена в основном к водоносному комплексу средней-верхней перми – к водоносным горизонтам северодвинских, уржумских и казанских отложений. Изоминеры соответствуют значениям 0,2-0,5 г/дм<sup>3</sup>. Площадные аномалии Br – до 40,0 ПДК, Ba – до 13,1 ПДК; точечные – Mn до 8,8 ПДК, V – до 7,2 ПДК. Контурные аномалии и геолого-гидрогеологическая ситуация показаны на рис. 2.

6. *Иньвинская АЗ* (площадь 4700 км<sup>2</sup>) расположена в западной части Камского Приуралья в бассейне р. Иньвы, тектонически – на стыке Камского свода, Ракшинской седловины и Висимской впадины. Приурочена к водоносному комплексу средней-верхней перми – к водоносным горизонтам северодвинских, уржумских и казанских отложений. Изоминеры соответствуют значениям 0,3-0,5 г/дм<sup>3</sup>. Площадными аномалиями являются Br – до 79,9 ПДК, Ba – до 17,5 ПДК; точечными – Cd – до 11,0 ПДК, Mn – до 10,4 ПДК, Ni – до 3,8 ПДК, Be – до 3,0 ПДК, Pb – до 1,6 ПДК.



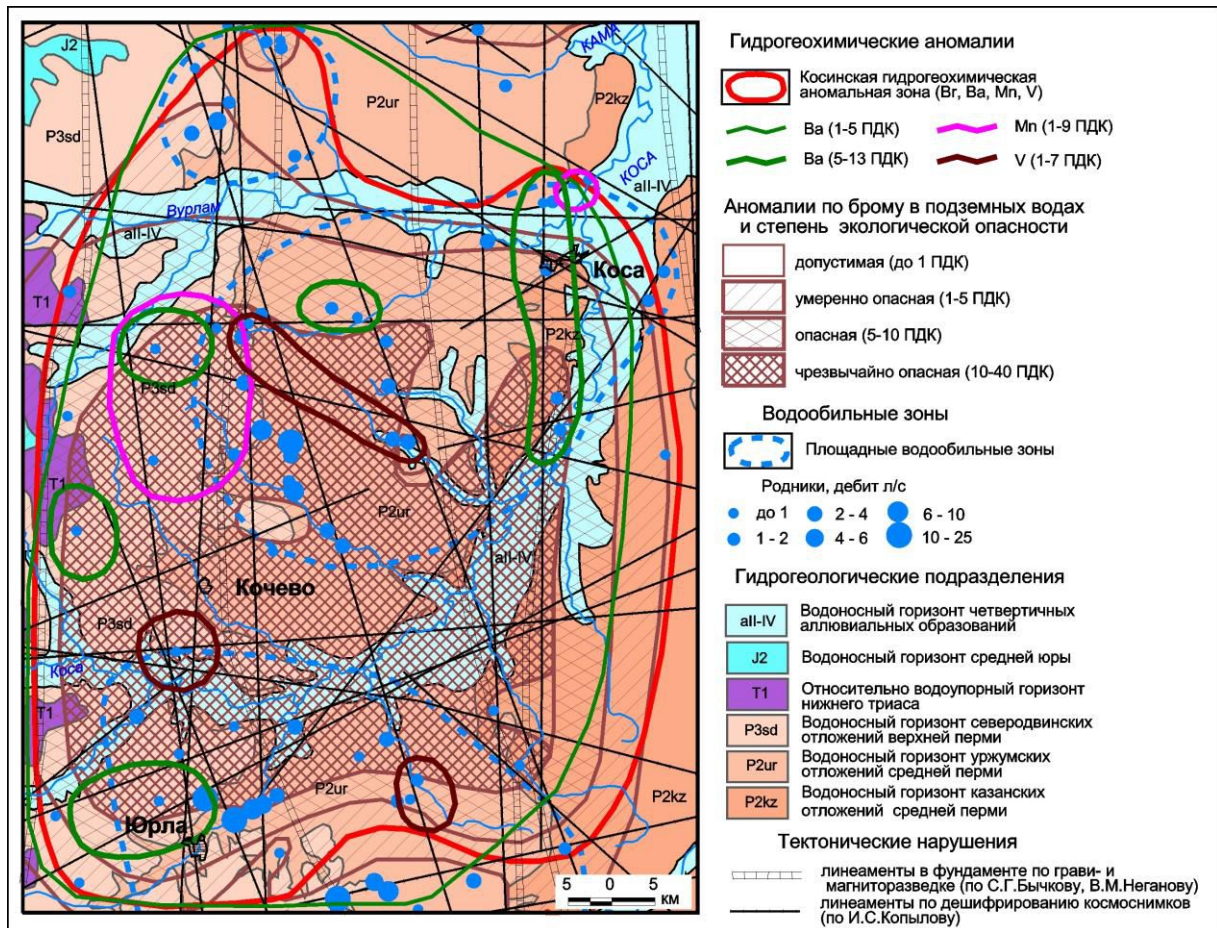


Рис. 2. Косинская гидрогеохимическая аномальная зона

7. *Яйвинская АЗ* (площадь 7200 км<sup>2</sup>) расположена в северо-восточной части Камского Приуралья, в основном в бассейне р. Яйвы. Тектонически находится в основном в пределах Соликамской депрессии, а также в восточной части Висимской впадины и центральной части передовых складок Урала. Приурочена в основном к водоносному горизонту шешминских отложений, водоносному комплексу ассельско-артинских отложений, водоносным комплексам среднего и верхнего карбона, карбонатных отложений среднего девона – нижнего карбона. Изоминеры соответствуют значениям 0,2-0,3 г/дм<sup>3</sup>. Площадные аномалии содержания В – до 32 ПДК, Br – до 18,6 ПДК, Mn – до 6,2 ПДК, точечные аномалии Cd – до 20,0 ПДК, Ti – до 13,5 ПДК, Pb – до 13,3 ПДК, Ba – до 6,0 ПДК, Ni – до 6,0 ПДК, Sr – до 3,2 ПДК, V – до 2,0 ПДК, F – до 1,3 ПДК.

8. *Косьвинская АЗ* (площадь 4200 км<sup>2</sup>)

расположена в восточной части Камского Приуралья в бассейне рек Косьвы и Усьвы, в пределах передовых складок Урала и Центрально-Уральского поднятия. Приурочена к водоносным комплексам ассельско-артинских отложений, терригенно-карбонатных отложений нижнего и среднего карбона, карбонатных отложений среднего девона – нижнего карбона, терригенных отложений верхнего венда, терригенных и метаморфических отложений нижнего венда; водоносной зоне трещиноватости метаморфических пород рифея. Изоминеры соответствуют значениям 0,2-0,5 г/дм<sup>3</sup>. Площадными можно считать аномалии Mn – до 2,6 ПДК, в основном зона сформирована точечными аномалиями: Be – до 13,0 ПДК, Cd – до 8,0 ПДК, Ni – до 7,5 ПДК, Cr – до 2,5 ПДК, Pb – до 1,6 ПДК.

9. *Обвинская АЗ* (площадь 7600 км<sup>2</sup>) расположена в центрально-западной части

Камского Приуралья в бассейне рек Обвы и Нытвы, тектонически – на стыке и в пределах Ракшинской седловины, Верхнекамской и Висимской впадин и северо-западной части Пермского свода. Приурочена в основном к водоносным горизонтам терригенных северодвинских, уржумских, казанских и шешминских отложений. Изоминеры соответствуют значениям 0,3-0,5 г/дм<sup>3</sup>. Площадные аномалии содержания Вг – до 18,6 ПДК; В – до 16,0 ПДК, Ва – до 11,8 ПДК, точечные аномалии Ni – до 42,9 ПДК, Sb – до 14,4, Cd – до 12,0 ПДК, Mn – до 9,1 ПДК, Be – до 7,0 ПДК, Pb – до 4,0 ПДК, V – до 3,1 ПДК, Cr – до 1,8 ПДК, Sr – до 1,5 ПДК.

10. *Среднекамская АЗ* (площадь 3700 км<sup>2</sup>) расположена в центрально-южной части Камского Приуралья в среднем течении р. Камы, в низовье р. Сылвы, бассейне р. Бабки; в восточной части Пермского свода и западной части Быско-Кунгурской впадины. Связана в основном с водоносным горизонтом четвертичных аллювиальных образований, водоносными горизонтами шешминских и соликамских отложений и водоносным комплексом отложений кунгурского яруса. Изоминеры соответствуют значениям от 0,3 до 2,0 г/дм<sup>3</sup>. Площадные аномалии содержания Вг – до 15,2 ПДК, Cd – до 6,0 ПДК, точечные: Mn – до 70,6 ПДК, Cr – до 4,3 ПДК, Be – до 3,0 ПДК, Ва – до 2,4 ПДК, Sr – до 2,0 ПДК, F – до 1,6 ПДК, Ni – до 1,2 ПДК, V – до 1,2 ПДК.

11. *Чусовская АЗ* (площадь 5400 км<sup>2</sup>) расположена в центрально-восточной части Камского Приуралья в низовье и среднем течении р. Чусовой, частично в низовье р. Сылвы и долине р. Камы. Находится в основном в пределах Юрюзано-Сылвинской депрессии, а также Пермского свода, Быско-Кунгурской впадины и передовых складок Урала. Связана в основном с водоносными горизонтами четвертичных аллювиальных образований, соликамских отложений и водоносным комплексом отложений кунгурского яруса. Изоминеры соответствуют значениям от 0,2 до 2,0 г/дм<sup>3</sup>. Выделена в

основном аномалия содержания Ti – до 20,1 ПДК, другие аномалии являются точечными: Вг – до 8,0 ПДК, В – до 8,0 ПДК, Ва – до 3,3 ПДК, Sr – до 2,7 ПДК, Mn – до 2,4 ПДК, Cr – до 1,0 ПДК.

12. *Койвинская АЗ* (площадь 3900 км<sup>2</sup>) расположена в восточной части Камского Приуралья в бассейнах рек Койвы, Вижая, Сылвицы, в пределах передовых складок Урала и Центрально-Уральского поднятия. Приурочена к водоносным комплексам ассельско-артинских отложений, терригенно-карбонатных отложений нижнего и среднего карбона, карбонатных отложений среднего девона – нижнего карбона, терригенных отложений верхнего венда, терригенных и метаморфических отложений нижнего венда; водоносной зоне трещиноватости метаморфических пород рифея. Изоминеры соответствуют значениям 0,2 г/дм<sup>3</sup> и менее. Площадными аномальными элементами являются: Cd – до 25,0 ПДК, Mn – до 15,4 ПДК, Ti – до 9,2 ПДК; точечными: Be – до 13,5, Ва – до 6,0 ПДК, Pb – до 1,6 ПДК, Ni – до 1,5 ПДК. Установлено несколько точек (в малых водотоках, имеющих родниковое питание) с очень высоким содержанием Р (1 класс опасности) – до 2860 ПДК.

13. *Тулвинская АЗ* (площадь 9400 км<sup>2</sup>) расположена в юго-западной части Камского Приуралья в бассейнах рек Тулвы, Пизь, Сива. В тектоническом отношении находится в пределах Верхнекамской впадины, южной части Пермского свода и северной части Башкирского свода. Приурочена в основном к водоносным горизонтам уржумских, казанских и шешминских отложений. Изоминеры соответствуют значениям 0,3-0,5 г/дм<sup>3</sup>. К площадным аномальным элементам относятся: В – до 40,0 ПДК, Вг – до 30,0 ПДК, Ва – до 26,0 ПДК; к точечным: Mn – до 8,7 ПДК, Sb – до 5,4 ПДК, Ti – до 2,7 ПДК, V – до 2,7 ПДК, Pb – до 2,7 ПДК, Sr – до 1,9 ПДК.

14. *Сылвинская АЗ* (площадь 2400 км<sup>2</sup>) расположена в юго-восточной части Камского Приуралья в средней части бассейна р. Сылвы, в основном в пределах Юрюза-

но-Сылвинской депрессии. Приурочена к водоносному комплексу сульфатно-карбонатно-терригенных отложений кунгурского яруса. Изоминеры соответствуют значениям 0,5-1,0 г/дм<sup>3</sup>. Площадными аномальными элементами являются: Mn – до 15,5 ПДК, Vг – до 8,0 ПДК, В – до 4,0 ПДК, точечными: Ti – до 8,9 ПДК, Ва – 7,4 ПДК, Ве – до 4,5 ПДК, Sr – до 3,1 ПДК, Pb – до 1,3 ПДК.

Основными факторами выделенных аномальных зон являются природные условия формирования гидрогеохимических полей при контролирующей роли структурно-тектонического и геодинамического (неотектонического) факторов. Блоки земной коры в пределах всех комплексных гидрогеохимических аномалий характеризуются повышенной геодинамической активностью [9, 10, 21, 22, 36], при этом 90 % геодинамических активных зон локального и зонального уровней расположены в их контурах (рис. 1). Практически все крупные гидрогеохимические аномалии пространственно совпадают с литогеохимическими и геофизическими аномальными зонами [7, 8, 12, 17, 29, 30, 31]. Часто гидрогеохимические аномалии приурочены к узлам пересечения рудоконтролирующих разрывных нарушений, поэтому вероятна связь этих аномалий с месторождениями и рудопроявлениями полезных ископаемых.

Необходимо еще раз подчеркнуть роль техногенеза в переформировании химического состава подземных вод в условиях слабой защищенности верхних горизонтов. Локальные участки в пределах природных аномальных гидрогеохимических зон на урбанизированных территориях, где наблюдается техногенное загрязнение подземных вод, являются природно-техногенными и техногенными образованиями. Наиболее сильно это выражено на территориях городских мегаполисов и в районах разработки полезных ископаемых – нефти и газа, калийно-магниевых солей, угля, алмазов и др. [1–5, 13, 25, 26, 28]. С другой стороны,

установлено, что в крупных водообильных зонах отрицательное воздействие человека на подземные воды в значительной степени сглаживается благодаря присутствию большого количества вод хорошего качества и более активному водообмену [27, 33].

### Заключение

Результаты гидрогеохимических исследований имеют теоретическое и прикладное значение, могут применяться для решения геологических задач по прогнозной оценке перспектив территории на поиски полезных ископаемых; для оценки геодинамических (неотектонических) условий; для решения геоэкологических задач, оценки направленности изменения геологической среды, решения инженерно-геологических задач при оценке воздействия агрессивной водной среды на инженерные сооружения.

### Библиографический список

1. *Бабошко А.Ю., Бачурин Б.А.* Тяжелые металлы в отходах калийной промышленности // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2009. № 5. С. 369–376.
2. *Бачурин Б.А.* Экологические проблемы горнопромышленных районов Пермского края // Экология и промышленность России. 2006. № 4. С. 32–35.
3. *Бузмаков С.А., Костарев С.М.* Техногенные изменения компонентов природной среды в нефтедобывающих районах Пермской области. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2003. 171 с.
4. *Бузмаков С.А., Кулакова С.А.* Природно-техногенные экосистемы на территории нефтяных месторождений (на примере Пермского края) // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2011. № 1. С. 39–44.
5. *Катаев В.Н., Шукова И.В.* Подземные воды города Перми / Перм. гос. ун-т. Пермь, 2006. 142 с.
6. *Копылов И.С.* Геоэкологические исследования нефтегазоносных регионов: Дис. ... канд. геол.-мин. наук.

- Пермь, 2002. 307 с.
7. *Копылов И.С.* Литогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. 2011. № 14. С. 235–239.
  8. *Копылов И.С.* Особенности геохимических полей и литогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2011. № 1. С. 26–37.
  9. *Копылов И.С.* Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 4; URL: [www.science-education.ru/98-4745](http://www.science-education.ru/98-4745).
  10. *Копылов И.С.* Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6; URL: <http://www.science-education.ru/106-7570>.
  11. *Копылов И.С.* Гидрогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2012. № 12. С. 145–149.
  12. *Копылов И.С.* Литогеохимические закономерности пространственного распределения микроэлементов на Западном Урале и Приуралье // Вестник Пермского университета. Геология. 2012. № 2. С. 16–34.
  13. *Копылов И.С.* Эколого-геохимические закономерности и аномалии содержания микроэлементов в почвах и снежном покрове Приуралья и города Перми // Вестник Пермского университета. Геология. 2012. № 4 (17). С. 39–46.
  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.* Аномалии тяжелых металлов в почвах и снежном покрове города Перми как проявления факторов геодинамики и техногенеза // Фундаментальные исследования. 2013. № 1–2. С. 335–339.
  16. *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.
  17. *Копылов И.С.* Геодинамические активные зоны Приуралья, их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях // Успехи современного естествознания. 2014. № 4. С. 69–74.
  18. *Копылов И.С.* Основные водоносные комплексы Пермского Прикамья и перспективы их использования для водоснабжения // Успехи современного естествознания. 2014. № 9–2.
  19. *Копылов И.С., Алексеева Л.В., Лычникова А.В.* Эколого-гидрогеохимическая оценка Кудымкарского района // Эколого-экономические проблемы и пути их решения. Кудымкар, 2000. С. 25–29.
  20. *Копылов И.С., Алексеева Л.В.* Составление гидрогеологической карты Пермской области масштаба 1:500 000 на основе создания базы данных «Региональная гидрогеология Пермской области масштаба 1:500 000». СПб.: ВСЕГЕИ. 2002. 43 с.
  21. *Копылов И.С., Лукутов Е.Ю.* Структурно-геоморфологический, гидрогеологический и геохимический анализ для изучения и оценки геодинамической активности // Фундаментальные исследования. 2012. № 9–3. С. 602–606.
  22. *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.
  23. *Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибраимов 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.
  24. *Крайнов С.Р., Швец В.М.* Основы геохимии подземных вод. М.: Недра. 1980. 285 с.
  25. *Лейбович Л.О., Середин В.В., Пушкарева М.В., Чиркова А.А., Копылов И.С.* Экологическая оценка территорий месторождений углеводородного сырья для определения возможности размещения объектов нефтедобычи // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2012. № 12. С. 13–16.
  26. *Максимович Н.Г., Черемных Н.В., Хайрулина Е.А.* Экологические последствия ликвидации Кизеловского угольного бас-

- сейна // Географический вестник. 2006. № 2. С. 128–134.
27. Михайлов Г.К., Оборин А.А. Подземная кладовая пресных вод Сылвенского края. Пермь: Изд-во Пермского ун-та. 2006. 154 с.
  28. Наумов В.А. Минерагеня и перспективы комплексного освоения золотоносного аллювия Урала и Приуралья / ЕНИ ПГНИУ. Пермь, 2011. 162 с.
  29. Тихонов А.И., Копылов И.С. Изотопно-гидрогеохимический метод и перспективы его использования для поисков коренных месторождений алмазов на территории Пермской области // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. 2004. № 7. С. 187–192.
  30. Чадаев М.С., Ибламинов Р.Г., Гершанок Л.А., Гершанок В.А., Простолупов Г.В. Геологические структуры западного склона Северного и Среднего Урала по данным гравиметрии и магнитометрии // Литосфера. 2011. № 6. С. 134–140.
  31. Чадаев М.С., Гершанок В.А., Гершанок Л.А., Копылов И.С., Коноплев А.В. Гравиметрия, магнитометрия, геоморфология и их параметрические связи: монография / Перм. гос. нац. иссл. ун-т. Пермь, 2012. 91с.
  32. Шварцев С.Л., Пиннекер Е.В., Перельман А.И. и др. Основы гидрогеологии. Гидрогеохимия. Новосибирск: Наука. 1982. 287 с.
  33. Шерстнев В.А. Водобильные зоны. Избранные труды. Пермь, 2002. 132 с.
  34. Шимановский Л.А., Шимановская И.А. Пресные подземные воды Пермской области. Пермь: Кн. изд-во. 1973. 195 с.
  35. Эколого-гидрогеологическая карта России. Масштаб 1:5 000 000 / под ред. В.М. Кочеткова, Л.А. Островского. Объяснительная записка. М.: Комитет РФ по геологии и использованию недр. 1995. 33 с.
  36. 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.
  37. Shvartsev S.L. Interaction in the water-rock system as a new basis for the development of hydrogeology // Russian Journal of Pacific Geology. 2008. Т. 2. № 6. С. 465–475.

## Formation of Microelement Composition and Hydrogeochemical Anomalous Zones of Groundwater of the Kama PreUrals Region

I.S. Kopylov

Natural Sciences Institute of the Perm State National Research University, 614990, Perm, Genkel Str., 4. E-Mail: georif@yandex.ru

The results of hydrogeochemical studies and groundwater mapping in the Kama PreUrals are given in the article. Analytical data (more than 2000 spectral analyses of water samples, mainly from the springs) are analyzed. Regularities of distribution of the background values of basic geochemical parameters (macro – and microelements) in groundwater has been studied. Hydrogeochemical particularities are revealed. Hydrogeochemical zoning was conducted and the geochemical anomalous zones were determined. Studies provided for the first time an integrated assessment of microelements hydrogeochemistry of the Western Urals and the PreUrals at the regional level. A large number of hydrogeochemical anomalies are located on the territory of the Perm region. It was established that concentration for 18 elements exceeds a legislation admissible limit. The large anomalous zones are characteristic for high concentrations of Br, B, Ba, Mn, and Ti, but anomalies of Sb, Be, Cd, V, Cr, Ni, Pb, Sr, F, Zn, Co, Mo, and P are



observed locally. Anomalies in the zone of active water exchange form 14 complex geochemical anomalous zones of areas from 2 000 up to 9 000 km<sup>2</sup>. The natural environments of formation of hydrogeochemical fields are the main factors of generation of the geochemical anomalies with predominant role of structural, tectonic conditions, and geodynamic (neotectonic) activity. The major hydrogeochemical anomalies spatially coincide with litho-geochemical, geophysical anomalies, and geodynamic active zones.

Key words: *hydrogeochemistry, groundwater, springs, mineralization, elements, hydro-geochemical anomalous zones, PreUrals.*

## References

1. Baboshko A.Yu., Bachurin B.A. 2009. Tya-zhelye metally v othodah kaliynoy promyshlennosti [Heavy metals in potash industry wastes]. Gorny informatsionno-analiticheskiy bulletin (nauchno-tekhnicheskiy zhurnal). 5:369-376.
2. Bachurin B.A. 2006. Ekologicheskie problemy gornopromyshlennykh rayonov Permskogo kraya [Environmental problems of mining areas of the Perm region]. Ekologiya i promyshlennost Rossii. 4:32-35.
3. Buzmakov S.A., Kostarev S.M. 2003. Tekhnogennye izmeneniya komponentov prirodnoy sredy v neftedobyvayushchikh rayonakh Permskoy oblasti [Technogenic changes of components of natural environment in the oil producing areas of the Perm region]. Perm, Perm. Univ., p. 171.
4. Buzmakov S.A., Kulakova S.A. 2001. Prirodno-tekhnogennye ekosistemy na territorii neftyanykh mestorozhdeniy (na primere Permskogo kraja) [Natural-technogenic ecosystems on the territory of the oil fields (on example of the Perm region)]. Zashchita okruzhayushchey sredy v neftegazovom komplekse. 1:39-44.
5. Kataev V.N., Shchukova I.V. 2006. Podzemnye vody goroda Permi [Groundwater of the city of Perm]. Perm, Perm. Univ., p. 142.
6. Kopylov I.S. 2002. Geoekologicheskie issledovaniya neftegazonosnykh regionov [Geoecological studies of oil and gas regions]. Dissertatsiya na soiskanie uchenoy stepeni kandidata geologo-mineralogicheskikh nauk. Perm, Perm Univ., p. 307.
7. Kopylov I.S. 2011. Litogeokhimicheskie anomalnye zony Zapadnogo Urala i Priuralya [Litho-geochemical anomalous zones of the Western Urals and PreUrals]. Problemy mineralogii, petrografii i metallogenii. Nauchnye chteniya pamyati P.N. Chirvinskogo. 14:235-239.
8. Kopylov I.S. 2011. Osobennosti geokhimicheskikh poley i litogeokhimicheskie anomalnye zony Zapadnogo Urala i Priuralya [Specifics of geochemical fields and litho-geochemical anomalous zones of the Western Urals and PreUrals]. Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya. 1(10):26-37.
9. Kopylov I.S. 2011. Teoreticheskie i prikladnye aspekty ucheniya o geodinamicheskikh aktivnykh zonakh [Theoretical and applied aspects of doctrine of geodynamic active zones]. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 4. URL: [www.science-education.ru/98-4745](http://www.science-education.ru/98-4745).
10. Kopylov I.S. 2012. Lineamentno-geodinamicheskiy analiz Permskogo Urala i Priuralya [Lineamento-geodynamic analysis of the Perm Urals and PreUrals]. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 6. URL: <http://www.science-education.ru/106-7570>.
11. Kopylov I.S. 2012. Hidrogeokhimicheskie anomalnye zony Zapadnogo Urala i Priuralya [Hydrogeochemical anomalous zones of the Western Urals and PreUrals]. Geologiya i poleznye iskopaemye Zapadnogo Urala. 12:145-149.
12. Kopylov I.S. 2012. Litogeokhimicheskie zakonomernosti prostranstvennogo raspredeleniya mikroelementov na Zapadnom Urale i Priuralye [Geochemical regularities of spatial distribution of chemical elements on the Western Urals and PreUrals]. Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya. 2(15):16-34.
13. Kopylov I.S. 2012. Ekologo-geokhimicheskie zakonomernosti i anomalii soderzhaniya mikroelementov v pochvah i snezhnom pokrove Priuralya i goroda Permi [Ecological and geochemical regularities and anomalies of concentration of microelements in soils and snow of PreUrals and city of Perm]. Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya. 4(17):39-46.
14. Kopylov I.S. 2013. Sostavlenie geologicheskogo atlasa Permskogo kraja [Compila-



- tion of a geological Atlas of the Perm region]. *Problemy mineralogii, petrografii i metallogenii*. Nauchnye chteniya pamyati P.N. Chirvinskogo. 16:356-362.
15. *Kopylov I.S.* 2013. Anomalii tyazhelykh metallov v pochvakh i snezhnom pokrove goroda Permi kak proyavleniya faktorov geodinamiki i tekhnogeneza [Anomalies of heavy metals in soils and snow of the city of Perm as manifestations of geodynamic and technogenic factors]. *Fundamentalnye issledovaniya*. 1-2:335-339.
  16. *Kopylov I.S.* 2013. Poiski i kartirovanie vo doobilnykh zon pri provedenii gidrogeologicheskikh rabot s primeneniym lineamentno-geodinamicheskogo analiza [Prospecting and mapping of water saturated zones during the hydrogeological survey with use of lineamento-geodynamic analysis]. *Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 93:468-484.
  17. *Kopylov I.S.* 2014. Geodinamicheskie aktivnye zony Priuralya, ikh proyavlenie v geofizicheskikh, geokhimicheskikh, gidrogeologicheskikh polyakh [Geodynamic active zone of the PreUrals, their manifestation in the geophysical, geochemical, hydrogeological fields]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 4:69-74.
  18. *Kopylov I.S.* 2014. Osnovnye vodonosnye komplekсы Permskogo Prikamya i perspektivy ikh ispolzovaniya dlya vodosnabzheniya [Basic aquifers of Perm Prikamie and prospects of their use for water supply]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 9-2.
  19. *Kopylov I.S., Alekseeva L.V., and Lychnikova A.V.* 2000. Ekologo-gidrogeokhimicheskaya otsenka Kudymkarskogo rayona [Ecological and hydrogeochemical assessment of the Kudymkar district]. *In* *Ekologo-ekonomicheskie problemy i puti ikh resheniya*. Kudymkar, pp. 25-29.
  20. *Kopylov I.S., Alekseeva L.V.* 2002. Sostavlenie gidrogeologicheskoy karty Permskoy oblasti masshtaba 1:500 000 na osnove sozdaniya bazy dannykh «Regionalnaya gidrogeologiya Permskoy oblasti masshtaba 1:500 000» [Compilation of hydrogeological map of Perm region, scale 1:500 000 on the basis of database «Regional hydrogeology of Perm region, scale 1:500 000»]. Sankt-Petersburg, VSEGEI, p. 43.
  21. *Kopylov I.S., Likutov E.Yu.* 2012. Strukturno-geomorfologicheskii, gidrogeologicheskii i geokhimicheskii analiz dlya izucheniya i otsenki geodinamicheskoi aktivnosti [Structure-geomorphological, hydrogeological, and geological analysis for study and assessment of geodynamic activity]. *Fundamentalnye issledovaniya*. 9-3:602-606.
  22. *Kopylov I.S., Konoplev A.V.* 2013. Geologicheskoe stroenie i resursy neдр v Atlase Permskogo kraya [Geological structure and mineral resources in the Atlas of the Perm kray]. *Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya*, 3(20):5-30.
  23. *Kopylov I.S., Konoplev A.V., Iblaminov R.G., Osovetskiy B.M.* 2012. Regionalnyie faktory formirovaniya inzhenerno-geologicheskikh usloviy territorii Permskogo kraya [Regional factors of formation of geoengineering conditions on the Perm kray territory]. *Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 84:102-112.
  24. *Kraynov S.R., Shvets V.M.* 1980. Osnovy geokhimii podzemnykh vod [Basics of geochemistry of groundwater]. Moskva, Nedra, p. 285.
  25. *Leybovich L.O., Seregin V.V., Pushkareva M.V., Chirkova A.A., and Kopylov I.S.* 2012. Ekologicheskaya otsenka territoriy mestorozhdeniy uglevodorodnogo syr'ya dlya opredeleniya vozmozhnosti razmeshcheniya obyektov neftedobychi [Environmental assessment of territories of hydrocarbon fields to determine the possibility of installation of oil extraction facilities]. *Zashchita okruzhayushchey sredy v neftegazovom komplekse*. 12:13-16.
  26. *Maksimovich N.G., Cheremnykh N.V., and Hayrulina E.A.* 2006. Ekologicheskie posledstviya likvidatsii Kizelovskogo ugolnogo basseyna [Environmental consequences of the Kizel coal mines closure]. *Geograficheskii vestnik*. 2:128-134.
  27. *Mikhaylov G.K., Oborin A.A.* 2006. Podzemnaya kladovaya presnykh vod Sylvenskogo kryazha [Underground storehouse of fresh water of Sylva ridge]. Perm, Perm Univ., p. 154.
  28. *Naumov V.A.* 2011. Minerageniya i perspektivy kompleksnogo osvoeniya zolotonosnogo allyuviya Urala i Priuralya [Minerogenesis and potential of integrated development of gold bearing alluvium of Urals and PreUrals]. Perm, ENI PGNIU, p. 162.
  29. *Tikhonov A.I., Kopylov I.S.* 2004. Izotopno-gidrogeokhimicheskii metod i perspektivy

- ego ispolzovaniya dlya poiskov korennykh mestorozhdeniyalmazov na territorii Permskoy oblasti [Isotope-hydrogeochemical method and its potential of application for primary diamond prospecting on territory of the Perm region]. In Problemy mineralogii, petrografii i metallogenii. Nauchnye chteniya pamyati P.N. Chirvinskogo. 7:187-192.
30. Chadaev M.S., Iblaminov R.G., Gershanok L.A., Gershanok V.A., and Prostolupov G.V. 2011. Geologicheskie struktury zapadnogo sklona Severnogo i Srednego Urala po dannym gravimetrii i magnitometrii [Geological structure of the western slope of the Northern and Middle Urals according to gravimetry and magnetometry data]. Litosfera. 6:134-140.
  31. Chadaev M.S., Gershanok V.A., Gershanok L.A., Kopylov I.S., and Konoplev A.V. 2012. Gravimetriya, magnitometriya, geomorfologiya i ikh parametricheskie svyazi [Gravimetry, magnetometry, geomorphology and their parametric interrelation]. Perm, Perm Univ., p. 91.
  32. Shvartsev S.L., Pinneker E.V., Perelman A.I. et al. 1982. Osnovy gidrogeologii. Gidrogeokhimiya [Fundamentals of Hydrogeology. Hydrogeochemistry]. Novosibirsk, Nauka, p. 287.
  33. Sherstnev V.A. 2002. Vodoobilnye zony. Izbrannyye trudy [Water saturated zones. Selected publications]. Perm, Perm Univ., p. 132.
  34. Shimanovskiy L.A., Shimanovskaya I.A. 1973. Presnye podzemnye vody Permskoy oblasti [Fresh underground waters of the Perm region]. Perm, p. 195.
  35. *Ekologo-gidrogeologicheskaya* karta Rossii. Masshtab 1:5 000 000 [Ecologo-hydrogeological map of Russia. Scale 1:5 000 000]. In V.M. Kochetkova, L.A. Ostrovskiy (Eds.). Obyasnitelnaya zapiska. – Moskva, Komitet RF po geologii i ispolzovaniyu neдр. 1995, p. 33.
  36. Likutov E.Yu., Kopylov I.S. 2013. Complex of methods for studying and estimation of geodynamic activity. Tyumen State University Herald. 4:101-106.
  37. Shvartsev S.L. 2008. Interaction in the water-rock system as a new basis for the development of hydrogeology. Russian Journal of Pacific Geology. 2(6):465-475.