

## Обоснование гидрогеохимического фона природных вод Новосибирской городской агломерации

*А. В. Черных<sup>1\*</sup>, Д. А. Новиков<sup>1,2</sup>, Ф. Ф. Дульцев<sup>1</sup>, А. С. Деркачев<sup>1</sup>, А. А. Максимова<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН,  
г. Новосибирск, Российская Федерация

<sup>2</sup> Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск, Российская Федерация  
\* e-mail: ChernykhAV@ipgg.sbras.ru

**Аннотация.** На основе результатов полевых и химико-аналитических работ 2018-2021 гг. впервые обоснованы характеристики гидрогеохимического фона для природных вод Новосибирской городской агломерации. Установлено, что фоновые концентрации химических элементов в поверхностных и подземных водах уменьшаются в ряду от Si до In. Были установлены гидрогеохимические аномалии по распределению As, U, Ti, Li, Al, Si, Mn, Fe, Br, I, Sb послужившие основой для составления карты степени загрязненности природных вод города Новосибирска. Среди поверхностных вод наиболее грязными являются воды рек: Иня (вблизи села Новолуговое), 2-я Ельцовка (вблизи завода Химконцентратов), Плющиха (около Вилюйской улицы), Ельцовка (в Нижней Ельцовке), Камышенка (в Инюшенском бору), а также реки Обь (в Заельцовском бору). Стоит отметить, что концентрации опасных элементов в реках Камышенка, Плющиха и 2-я Ельцовка снижаются по направлению к их устьям. Наименее загрязненными токсичными элементами оказались воды рек Тула и Каменка, изученных озер и затонов, Горского и Тулинского затопленных карьеров, а также пробы, отобранные в водоразборной колонке вблизи Бугринского моста.

**Ключевые слова:** природные воды, гидрогеохимический фон, высокотоксичные элементы, ПДК, Новосибирская городская агломерация, Западная Сибирь

## Definition of the hydrogeochemical background of the Novosibirsk urban agglomeration natural waters

*A. V. Chernykh<sup>1\*</sup>, D. A. Novikov<sup>1,2</sup>, F. F. Dultsev<sup>1</sup>, A. S. Derkachev<sup>1</sup>, A. A. Maksimova<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, Novosibirsk,  
Russian Federation

<sup>2</sup> Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russian Federation  
\* e-mail: ChernykhAV@ipgg.sbras.ru

**Abstract.** Based on the results of field and chemical-analytical work in 2018-2021 for the first time, the characteristics of the hydrogeochemical background for the natural waters of the Novosibirsk urban agglomeration were substantiated. It has been established that the background concentrations of chemical elements in surface and ground waters decrease in the order from Si to In. Hydrogeochemical anomalies were established in the distribution of As, U, Ti, Li, Al, Si, Mn, Fe, Br, I, Sb, which served as the basis for compiling a map of the degree of pollution of the natural waters of the city of Novosibirsk. Among the surface waters, the most polluted are the waters of the rivers: Inya (near the village of Novolugovoe), 2nd Eltsovka (near the Chemical Concentrates Plant), Plyushchikha (near Vilyuiskaya Street), Eltsovka (in Nizhnyaya Eltsovka), Kamyshenka (in Inyushensky Bor), as well as rivers Ob (in the Zaeltsovsky forest). It should be noted that the concentrations of hazardous elements in the Kamyshenka, Plyushchikha and 2<sup>nd</sup> Eltsovka rivers decrease towards their

mouths. The least polluted with toxic elements were the waters of the Tula and Kamenka rivers, the studied lakes and backwaters, the Gorsky and Tulinsky flooded quarries, as well as the samples taken in the standpipe near the Bugrinsky bridge.

**Keywords:** Natural waters, hydrogeochemical background, highly toxic elements, TLV, Novosibirsk urban agglomeration, Western Siberia

### *Введение*

Новосибирск – третий по численности город России с населением около 2х миллионов человек, в котором отсутствуют источники подземных вод для питьевого водоснабжения необходимого качества. Причина этого связана с тем, что почти на 70 % его площади распространены граниты, в составе которых присутствуют природные радиоактивные минералы, содержащие уран, радий, торий и продукты их распада (радон, торон, висмут, свинец).

Растущая антропогенная нагрузка оказывает все большее влияние на водные объекты. Одна из таких проблем – загрязнение вод тяжелыми металлами и токсичными элементами первого класса опасности в следствие активной антропогенной деятельности. Согласно постановлению Главного государственного врача РФ (СанПиН 1.2.3685-21), в группу 1 класса опасности входят Be, As, Hg, Tl и U [1]. Как отмечается в многочисленных исследованиях российских и зарубежных ученых перечисленные выше элементы обладают высокотоксичными, канцерогенными и мутагенными свойствами. При этом, таллий (Tl) являясь высокотоксичным элементом, гораздо меньше изучен, чем ртуть, уран и другие [2], что связано с несовершенством классических аналитических методов, имеющих к нему низкую чувствительность. Природные воды Новосибирской городской агломерации (НГА) крайне слабо охарактеризованы актуальными геохимическими данными, что является большой научной проблемой при оценке влияния промышленности и других источников антропогенной нагрузки на их состав. В последние годы эти вопросы стали рассматриваться в лаборатории гидрогеологии осадочных бассейнов ИНГГ СО РАН. Вышла в свет целая серия работ, среди которых следует отметить [3-12].

### *Методы и материалы*

Полевые и химико-аналитические материалы, послужившие основой для настоящего исследования, были получены в период с 2018 по 2021 г. Был составлен банк данных гидрогеохимической информации, позволивший рассчитать фоновые концентрации широкого спектра химических элементов в природных водах (от Li до U). Было исследовано 65 проб (21 – подземных; 25 – поверхностных; 19 - карьерных). Пробы отбирались в контрастных гидрогеологических обстановках: на территории гранитного массива, в зоне контакта с осадочными комплексами и в пределах распространения осадочных комплексов широкого стратиграфического диапазона от четвертичных до девона. Непосредственно на водопунктах выполнено измерение нестабильных параметров (рН, Eh, температура, содержание растворенного O<sub>2</sub>, HCO<sub>3</sub>, соединений азота - NH<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>). Пробы для анализа катионов и анионов отфильтровывались через целлюлозный

фильтр (0.45 мкм) на месте отбора для удаления взвеси с помощью системы вакуумной фильтрации и собирались в полиэтиленовые бутылки. Пробы доставлялись в Проблемную научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии Национального исследовательского Томского политехнического университета для последующего анализа. Оценка токсикологических особенностей вод проводилась с использованием действующих нормативных документов: СанПиН 1.2.3685-21, ГОСТ Р 51232-98, СанПиН 2.1.3684-21, и рекомендаций Всемирной организации по здравоохранению [1,13-15].

### Результаты

Геохимические параметры (рН, Eh и O<sub>2</sub>) контролируются в первую очередь условиями залегания природных вод и характером их водообмена, что хорошо иллюстрируется полученными данными. Изученные подземные воды характеризуются преимущественно HCO<sub>3</sub> Ca и HCO<sub>3</sub> Ca-Mg составом (рис. 1) с величиной общей минерализации от 127 до 910 мг/дм<sup>3</sup> и концентрацией кремния 1,87 – 11,61 мг/дм<sup>3</sup>.

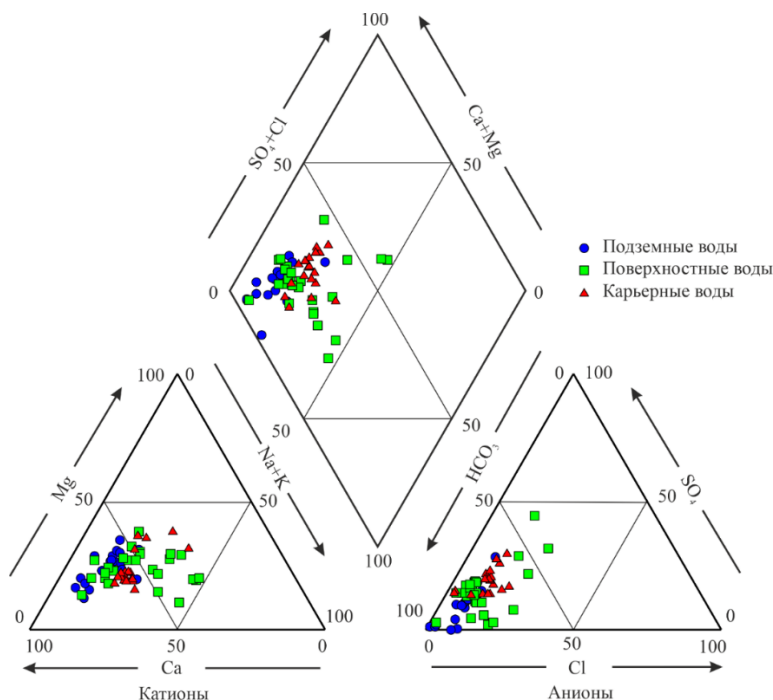


Рис. 1. Диаграмма Пайпера природных вод г. Новосибирска

Воды характеризуются рН от нейтральных до слабощелочных (7,4 – 8,0) с параметрами геохимической среды, изменяющейся от восстановительной до окислительной обстановки, с Eh от -164,3 до +442,1 мВ и содержанием O<sub>2</sub> раств. 0,48 – 10,43 мг/дм<sup>3</sup>. Поверхностные воды характеризуются преимущественно HCO<sub>3</sub> Ca и HCO<sub>3</sub> Ca-Mg составом с величиной общей минерализации от 214 до 712 мг/дм<sup>3</sup> и концентрацией кремния 0,14 – 6,38 мг/дм<sup>3</sup>. Геохимические параметры среды отвечают окислительной обстановке с Eh от +92,6 до +280,0 мВ,

нейтральным и слабощелочным рН (6,9-8,5) с содержанием  $O_{2\text{раств.}}$  1,11 – 20,28 мг/дм<sup>3</sup>. Карьерные воды характеризуются преимущественно  $HCO_3 Ca$ ,  $HCO_3 Ca-Mg$  и  $HCO_3-SO_4 Ca$  составом с величиной общей минерализации от 403 до 789 мг/дм<sup>3</sup> и концентрацией кремния 0,25 – 7,93 мг/дм<sup>3</sup>. Геохимические параметры среды отвечают окислительной обстановке с Eh от +131,3 до +261,0 мВ, слабощелочным и щелочным рН (7,6-8,8) с содержанием  $O_{2\text{раств.}}$  3,61 – 16,59 мг/дм<sup>3</sup>.

На территории НГА имеются лито-геохимические аномалии в рыхлых отложениях и коренных породах, происхождение которых обязано рудным проявлениям [16]. К таковым следует относить аномалии по U, Hg, Mn, Mo и Au. Детальный анализ гидрогеохимических данных позволил рассчитать фоновые концентрации микрокомпонентов в природных водах (поверхностных и подземных) в пределах НГА. Их содержания уменьшаются от Si до In, а распределение имеет следующий вид (мг/дм<sup>3</sup>): Si (10,6) > Sr (1,1) > B (0,4) > Fe (0,2) > Br (0,1) > Ba (0,07) > I (0,04) > P (0,02) > U (0,019) > Li (0,017) > Cr (0,004) > Rb ( $1,9 \cdot 10^{-3}$ ) > Zn ( $1,8 \cdot 10^{-3}$ ) > Al ( $1,82 \cdot 10^{-3}$ ) > Se ( $1,7 \cdot 10^{-3}$ ) > Mn ( $1,4 \cdot 10^{-3}$ ) > Ti ( $0,97 \cdot 10^{-3}$ ) > Cu ( $0,91 \cdot 10^{-3}$ ) > Mo ( $0,84 \cdot 10^{-3}$ ) > Sc ( $0,82 \cdot 10^{-3}$ ) > Ni ( $0,77 \cdot 10^{-3}$ ) > As ( $0,59 \cdot 10^{-3}$ ) > V ( $0,36 \cdot 10^{-3}$ ) > Cs ( $0,24 \cdot 10^{-3}$ ) > Sb ( $0,22 \cdot 10^{-3}$ ) > Zr ( $0,17 \cdot 10^{-3}$ ) > W ( $0,11 \cdot 10^{-3}$ ) > Pb ( $0,81 \cdot 10^{-4}$ ) > Co ( $0,78 \cdot 10^{-4}$ ) > Te ( $0,55 \cdot 10^{-4}$ ) > Y ( $0,25 \cdot 10^{-4}$ ) > Hg ( $0,19 \cdot 10^{-4}$ ) > Rh ( $0,17 \cdot 10^{-4}$ ) > Be (0,169) > Sn ( $0,162 \cdot 10^{-4}$ ) > Th ( $0,94 \cdot 10^{-5}$ ) > Ga ( $0,93 \cdot 10^{-5}$ ) > Ge ( $0,86 \cdot 10^{-5}$ ) > Cd ( $0,71 \cdot 10^{-5}$ ) > Re ( $0,69 \cdot 10^{-5}$ ) > Ag ( $0,46 \cdot 10^{-5}$ ) > Ta ( $0,39 \cdot 10^{-5}$ ) > Pd ( $0,37 \cdot 10^{-5}$ ) > Ru ( $0,36 \cdot 10^{-5}$ ) > Tl ( $0,32 \cdot 10^{-5}$ ) > Au ( $0,30 \cdot 10^{-5}$ ) > Nb ( $0,27 \cdot 10^{-5}$ ) > Hf ( $0,18 \cdot 10^{-5}$ ) > Bi ( $0,13 \cdot 10^{-5}$ ) > Pt ( $0,91 \cdot 10^{-6}$ ) > Ir ( $0,78 \cdot 10^{-6}$ ) > Os ( $0,66 \cdot 10^{-6}$ ) > In ( $0,65 \cdot 10^{-6}$ ) (рис. 2). Высокие концентрации Si, Ba и U связаны с их повышенным природным фоном в гранитоидах Новосибирского массива.

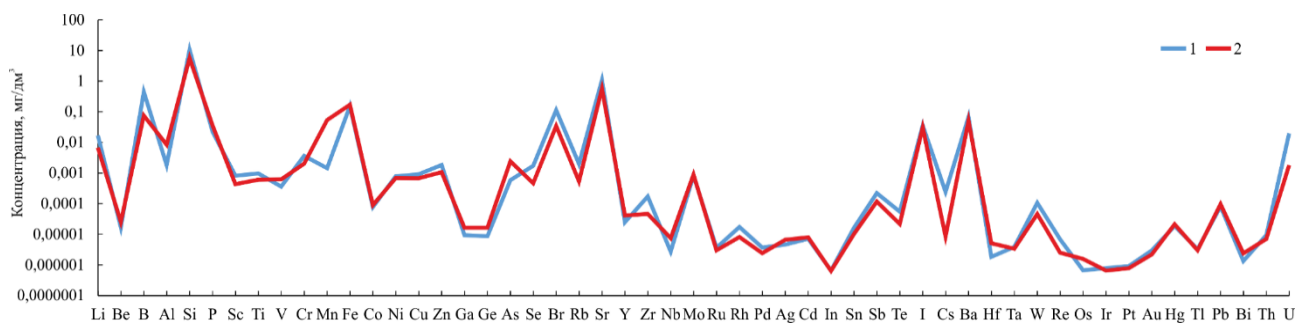


Рис. 2. Фоновые концентрации химических элементов в природных водах (подземных и поверхностных) НГА (1) и сопредельных районов Новосибирской области (2).

Сравнительный анализ фоновых содержаний химических элементов в водах г. Новосибирска и сопредельных территорий с меньшей антропогенной нагрузкой выявил их превышение по 33 из 53: Si, Sr, B, Br, U, Ba, Li, I, Cr, Rb, Se, Zn, Sc, Ti, Cs, Cu, Zr, Sb, Ni, W, Te, Rh, Sn, Re, Th, Pd, Au, Ru, Ta, Tl, Pt, Ir, In. Полученные данные позволили выделить наиболее загрязненные объекты (с превышением концентрации над фоном в 30%). Их распределение по элементам первого и второго классов опасности на территории НГА приведено на рис. 3.

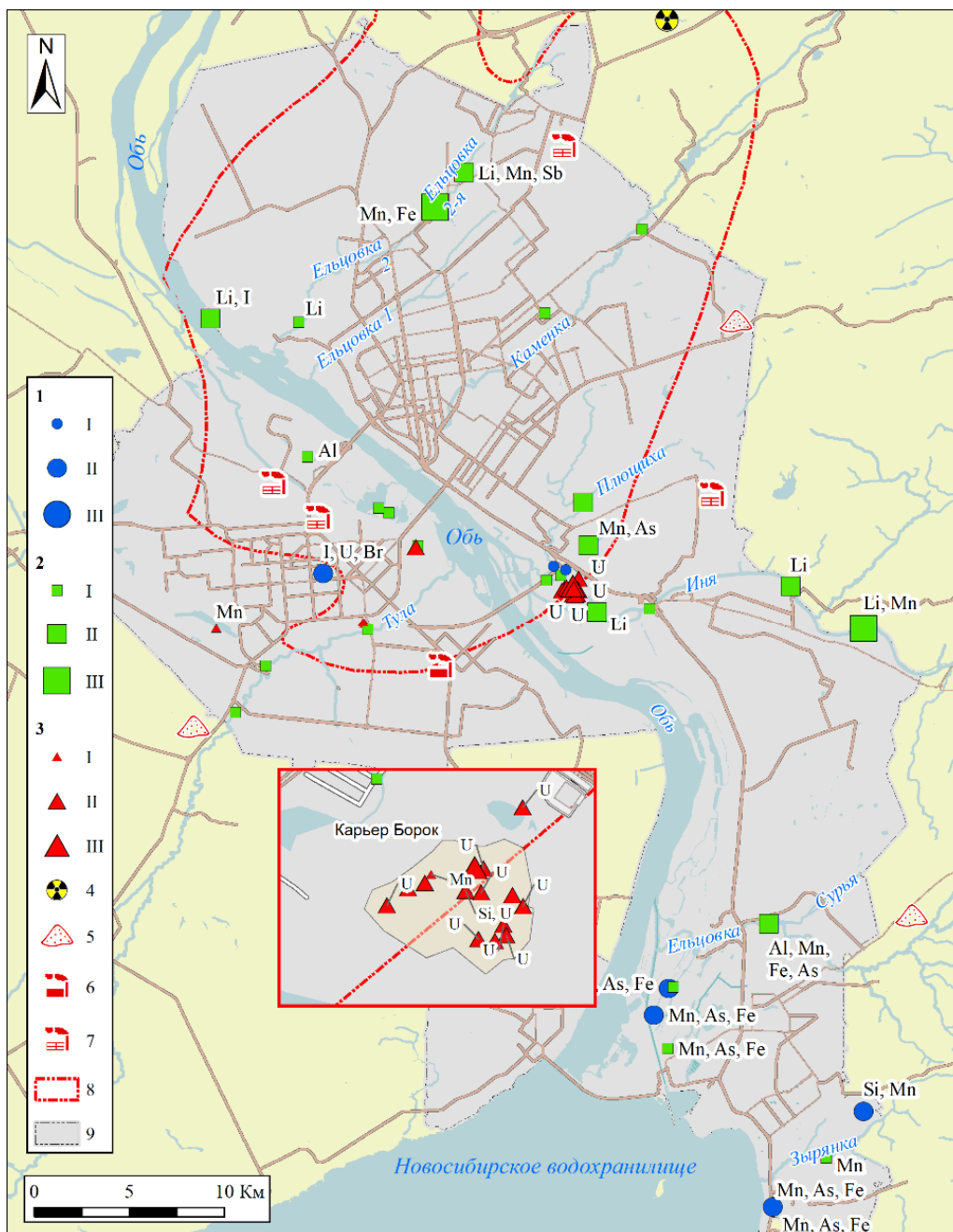


Рис. 3. Карта токсичности (степени загрязненности) природных вод Новосибирской городской агломерации

1 – подземные воды, 2 – поверхностные, 3 – карьерные, 4 – хвостохранилище завода химконцентратов, 5 - полигоны ТБО, 6 – действующие заводы, 7 – ТЭЦ, 8 – новосибирский гранитоидный массив, 9 – г. Новосибирск. Степень загрязненности элементами первого и второго класса опасности: I – низкая; II – средняя; III – высокая

Среди поверхностных вод наиболее загрязненными являются воды рек: Иня (вблизи села Новолуговое), 2-я Ельцовка (вблизи завода Химконцентратов), Плющиха (около Вилюйской улицы), Ельцовка (в Нижней Ельцовке), Камышенка (в Инюшенском бору), а также реки Обь (в Заельцовском бору). Стоит отметить, что концентрации опасных элементов в реках Камышенка, Плющиха

и 2-я Ельцовка снижаются по направлению к их устьям. Наименее загрязненными токсичными элементами и тяжелыми металлами оказались воды рек Тула и Каменка, изученных озер и затонов, Горского и Тулинского затопленных карьеров, а также пробы, отобранные в водоразборной колонке вблизи Бугринского моста.

В ряде изученных объектов выявлены превышения ПДК [14] по As, U, Ti, Li, Al, Si, Mn, Fe, Br, I, Sb. Мышьяк и уран относятся к элементам из группы первого класса опасности, их высокие содержания в воде пагубно влияют на человеческий организм, соединения этих элементов накапливаются в первую очередь в печени, легких, почках и других органах, что приводит к нарушениям в их работе.

Большое количество элементов «загрязнителей» выявлено в подземных водах. Подземные воды скважины в поселке Кирова характеризуются превышенными концентрациями Mn (до 1,43 мг/дм<sup>3</sup>) в 14 раз, Fe (до 10,14 мг/дм<sup>3</sup>) в 10 раз и As (0,055 мг/дм<sup>3</sup>) в 5 раз. В скважине в СНТ Тополь обнаружены превышения по Mn (до 5,88 мг/дм<sup>3</sup>) в 59 раз, по Fe (до 93,94 мг/дм<sup>3</sup>) в 94 раза, и по As (0,268 мг/дм<sup>3</sup>) в 27 раз. Стоит отметить, что высокие концентрации железа и марганца характерны для Новосибирской области и имеют природное происхождение, но это не исключает их влияния на окружающую среду. На территории СНТ Восток в скважине 2 отмечены высокие содержания кремния, которые достигают 11,61 мг/дм<sup>3</sup>. В водах из колонок на ул. Бугурусланская, д.17 и на пересечении с 8-м Камышенским переулком превышений ПДК не выявлено.

Поверхностные воды загрязнены в основном Li, Al, Mn, Fe, As, Sb и I. Так в водах, дренирующих гранитоиды, в реке Обь возле Заельцовского бора обнаружены высокие содержания Li (0,041 мг/дм<sup>3</sup>) и I (0,417 мг/дм<sup>3</sup>), что в три раза превышает ПДК. В водах реки Камышенка установлены высокие концентрации Mn (0,116 мг/дм<sup>3</sup>) и As (0,012 мг/дм<sup>3</sup>), реки второй Ельцовки по улице Георгия Колонда отмечаются превышения ПДК по марганцу и железу их содержания составляют 0,337 и 1,067 мг/дм<sup>3</sup>, что в три раза превышает установленные нормы по марганцу. В затоне №3 превышены концентрации Al (0,309 мг/дм<sup>3</sup>) в полтора раза. Стоит отметить превышения ПДК в реке Иня в два раза по Li (0,069 мг/дм<sup>3</sup>) и практически в четыре раза по Mn (0,371 мг/дм<sup>3</sup>). В реке Ельцовка выявлены содержания, превышающие ПДК по Al (0,261 мг/дм<sup>3</sup>), в семь раз по Mn (0,738 мг/дм<sup>3</sup>), и в более чем в три раза превышает ПДК по Fe (3,571 мг/дм<sup>3</sup>) и As (0,033 мг/дм<sup>3</sup>). В реке Зырянка концентрации марганца составляют 0,282 мг/дм<sup>3</sup>, что почти в три раза превышает установленные нормы. В «утином» озере (микрорайон Правые Чёмы) также выявлены превышения по марганцу, железу и мышьяку, их концентрации составляют 0,263, 4,278 и 0,021 мг/дм<sup>3</sup> соответственно, что указывает на превышение более чем в два раза.

В карьерных водах установлены большие концентрации урана (от 0,0093 до 0,2132 мг/дм<sup>3</sup>), что в четырнадцать раз выше предельно допустимых значений. В Кировском карьере обнаружены высокие концентрации по марганцу (0,160 мг/дм<sup>3</sup>), что в полтора раза превышает ПДК.

## Заключение

В результате полевых и химико-аналитических исследований в период с 2018 по 2021 г. был составлен банк данных гидрогеохимической информации, позволивший рассчитать фоновые концентрации широкого спектра химических элементов в природных водах (от Li до U) Новосибирской городской агломерации. Было исследовано 65 проб (21 – подземных; 25 – поверхностных; 19 - карьерных).

На территории НГА имеются лито-геохимические аномалии в рыхлых отложениях и коренных породах, происхождение которых обязано рудным проявлениям. К таковым следует относить аномалии по U, Hg, Mn, Mo и Au. Детальный анализ гидрогеохимических данных позволил рассчитать фоновые концентрации микрокомпонентов в природных водах (поверхностных и подземных) в пределах НГА. Их содержания уменьшаются от Si до In, а распределение имеет следующий вид (мг/дм<sup>3</sup>): Si (10,6) > Sr (1,1) > B (0,4) > Fe (0,2) > Br (0,1) > Ba (0,07) > I (0,04) > P (0,02) > U (0,019) > Li (0,017) > Cr (0,004) > Rb ( $1,9 \cdot 10^{-3}$ ) > Zn ( $1,8 \cdot 10^{-3}$ ) > Al ( $1,82 \cdot 10^{-3}$ ) > Se ( $1,7 \cdot 10^{-3}$ ) > Mn ( $1,4 \cdot 10^{-3}$ ) > Ti ( $0,97 \cdot 10^{-3}$ ) > Cu ( $0,91 \cdot 10^{-3}$ ) > Mo ( $0,84 \cdot 10^{-3}$ ) > Sc ( $0,82 \cdot 10^{-3}$ ) > Ni ( $0,77 \cdot 10^{-3}$ ) > As ( $0,59 \cdot 10^{-3}$ ) > V ( $0,36 \cdot 10^{-3}$ ) > Cs ( $0,24 \cdot 10^{-3}$ ) > Sb ( $0,22 \cdot 10^{-3}$ ) > Zr ( $0,17 \cdot 10^{-3}$ ) > W ( $0,11 \cdot 10^{-3}$ ) > Pb ( $0,81 \cdot 10^{-4}$ ) > Co ( $0,78 \cdot 10^{-4}$ ) > Te ( $0,55 \cdot 10^{-4}$ ) > Y ( $0,25 \cdot 10^{-4}$ ) > Hg ( $0,19 \cdot 10^{-4}$ ) > Rh ( $0,17 \cdot 10^{-4}$ ) > Be (0,169) > Sn ( $0,162 \cdot 10^{-4}$ ) > Th ( $0,94 \cdot 10^{-5}$ ) > Ga ( $0,93 \cdot 10^{-5}$ ) > Ge ( $0,86 \cdot 10^{-5}$ ) > Cd ( $0,71 \cdot 10^{-5}$ ) > Re ( $0,69 \cdot 10^{-5}$ ) > Ag ( $0,46 \cdot 10^{-5}$ ) > Ta ( $0,39 \cdot 10^{-5}$ ) > Pd ( $0,37 \cdot 10^{-5}$ ) > Ru ( $0,36 \cdot 10^{-5}$ ) > Tl ( $0,32 \cdot 10^{-5}$ ) > Au ( $0,30 \cdot 10^{-5}$ ) > Nb ( $0,27 \cdot 10^{-5}$ ) > Hf ( $0,18 \cdot 10^{-5}$ ) > Bi ( $0,13 \cdot 10^{-5}$ ) > Pt ( $0,91 \cdot 10^{-6}$ ) > Ir ( $0,78 \cdot 10^{-6}$ ) > Os ( $0,66 \cdot 10^{-6}$ ) > In ( $0,65 \cdot 10^{-6}$ ). Высокие концентрации Si, Ba и U связаны с их повышенным природным фоном в гранитоидах Новосибирского массива. Сравнительный анализ фоновых содержаний химических элементов в водах г. Новосибирска и сопредельных территорий с меньшей антропогенной нагрузкой выявил их превышение по 33 из 53: Si, Sr, B, Br, U, Ba, Li, I, Cr, Rb, Se, Zn, Sc, Ti, Cs, Cu, Zr, Sb, Ni, W, Te, Rh, Sn, Re, Th, Pd, Au, Ru, Ta, Tl, Pt, Ir, In. Полученные данные позволили выделить наиболее загрязненные объекты (с превышением концентрации над фоном в 30%). Промышленные объекты, автотранспорт и другая деятельность человека оказывает большое влияние на состав природных вод.

Среди поверхностных вод наиболее загрязненными являются воды рек: Иня (вблизи села Новолуговое), 2-я Ельцовка (вблизи завода Химконцентратов), Плющиха (около Вилюйской улицы), Ельцовка (в Нижней Ельцовке), Камышенка (в Инюшенском бору), а также реки Обь (в Заельцовском бору). Стоит отметить, что концентрации опасных элементов в реках Камышенка, Плющиха и 2-я Ельцовка снижаются по направлению к их устьям. Наименее загрязненными токсичными элементами и тяжелыми металлами оказались воды рек Тула и Каменка, изученных озер и затонов, Горского и Тулинского затопленных карьеров, а также пробы, отобранные в водоразборной колонке вблизи Бугринского моста. Подземные воды скважин в поселке Кирова, СНТ Тополь характеризуются повышенными концентрациями Mn, Fe и As. На территории СНТ Восток в скважине 2 отмечены высокие содержания кремния. В водах из колонок на ул.

Бугурусланская, д.17 и на пересечении с 8-м Камышенским переулком превышенный ПДК не выявлено.

### *Благодарности*

Исследование выполнено при финансовой поддержке проекта № 22-17-20029 Российского научного фонда и Правительства Новосибирской области.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. Утв. главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 28 января 2021 года № 2. – Москва, 2021. – 975 с.
2. Peter A.L.J., Viraraghavan T. Thallium: A review of public health and environmental concerns // *Environment International*. – 2005. – V. 31(4). – Pp. 493-501.
3. Новиков Д.А., Сухорукова А.Ф., Корнеева Т.В., Каменова-Тоцева Р.М., Максимова А.А., Деркачев А.С., Дульцев Ф.Ф., Черных А.В. Гидрогеология и гидрогеохимия месторождения радоновых вод «Каменское» (г. Новосибирск // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. – 2021. – Т. 332. – № 4. – С. 192-208.
4. Новиков Д.А., Сухорукова А.Ф., Корнеева Т.В. Гидрогеология и гидрогеохимия Заельцовско-Мочищенского проявления радоновых вод (юг Западной Сибири) // *Геодинамика и тектонофизика*. – 2018. – Т. 9. – № 4. – С. 1255–1274.
5. Novikov D.A., Korneeva T.V. Microelements in radon waters of the Zaelsovsky field (the southern part of West Siberia) // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2019. – V. 1172. – № 012096.
6. Novikov D.A., Dultsev F.F., Chernykh A.V. Role of water-rock interactions in the formation of the composition of radon waters of the Zaelsovsky field (the southern part of West Siberia) // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2020. – V. 1451 (1). – № 012007.
7. Novikov D.A., Dultsev F.F., Kamenova-Totzeva R., Korneeva T.V. Hydrogeological conditions and hydrogeochemistry of radon waters in the Zaelsovsky–Mochishche zone of Novosibirsk, Russia // *Environmental Earth Sciences*. – 2021. – V. 80. – № 6. – Article 216.
8. Novikov D.A., Dultsev F.F., Sukhorukova A.F., Maksimova A.A., Chernykh A.V., Derkachov A.S. Monitoring of radionuclides in the natural waters of Novosibirsk, Russia // *Groundwater for Sustainable Development*. – 2021. – V. 15. – 100674
9. Сухорукова А.Ф., Новиков Д.А., Черкасов А.А., Деркачев А.С., Максимова А.А. Оценка объемов урана и тория, выносимого дренажными водами при разработке гранитного карьера «Борок» (г. Новосибирск) // *Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: материалы VI Международной конференции (Томск, 20-24 сентября 2021 г.)*. в 2 томах. Том 1. – Томск: Изд-во ТПУ, 2021. – С. 550-555.
10. Новиков Д.А., Деркачев А.С., Максимова А.А., Дульцев Ф.Ф., Хвощевская А.А., Сухорукова А.Ф., Черных А.В. Радионуклидный состав природных вод Новосибирской городской агломерации // *Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: материалы VI Международной конференции (Томск, 20-24 сентября 2021 г.)*. в 2 томах. Том 1. – Томск: Изд-во ТПУ, 2021. – С. 408-413.
11. Новиков Д.А., Пыряев А.Н., Дульцев Ф.Ф., Черных А.В., Сухорукова А.Ф., Деркачев А.С., Максимова А.А. Изотопный состав (Н, О и С) природных вод Новосибирской городской агломерации // *Интерэкспо Гео-Сибирь*. – 2021. – Т. 2. – № 1. – С. 149-159.
12. Новиков Д.А., Пыряев А.Н., Черных А.В., Дульцев Ф.Ф., Сухорукова А.Ф. Первые результаты комплексных изотопно-гидрогеохимических исследований природных вод Новосибирской городской агломерации // *Интерэкспо ГЕО-Сибирь*. – 2020. – С. 179-194.



13. ГОСТ Р 51232-98. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества. – М.: ФГУП "Стандартинформ", 2010. – 18 с.

14. СанПиН 2.1.3684-21 Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий (с изменениями на 26 июня 2021 года). Утв. главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 28 января 2021 года № 3. – Москва, 2021. – 65 с.

15. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first addendum. – Geneva: World Health Organization, 2007. – 631 p.

16. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:1 000 000 (третье поколение). Серия Алтае-Саянская. Лист N-44 – Новосибирск. Объяснительная записка / под ред. Бабина Г. А., Черных А. И., Головиной А. Г., Жигалова С. В. и др. – СПб: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2015. – 392 с. + 4 вкл.

© А. В. Черных, Д. А. Новиков, Ф. Ф. Дульцев, А. С. Деркачев, А. А. Максимова, 2022