

Л.А. Михайлова, Е.А. Бондаревич, Б.В. Нимаева

УРОВНИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ РИСКОВ ЗДОРОВЬЮ НАСЕЛЕНИЯ ГОРНОРУДНОЙ ТЕРРИТОРИИ ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

Аннотация. Формирование геохимических аномалий в Забайкальском крае связано с деятельностью предприятий горнорудной промышленности. За длительный период эксплуатации месторождений Восточного Забайкалья сформировалось значительное количество объектов накопленного экологического риска, значительная часть которых располагается в непосредственной близости от населенных пунктов. Отходы горнорудной промышленности представляют потенциальную опасность для загрязнения почвы, подземных и поверхностных водоисточников, атмосферного воздуха широким спектром химических элементов. Наибольшим распространением из химических элементов, содержание которых превышает гигиенические нормативы, характеризуются мышьяк, свинец, цинк, кадмий, висмут, олово. В результате изучения качества воды поверхностных водоемов, питьевой воды централизованной и нецентрализованной систем водоснабжения, состояния почвенного покрова на территории п. Кличка (Приаргунский район) установлено, что в воде источников нецентрализованного и централизованного питьевого водоснабжения превышение гигиенических нормативов для мышьяка и хрома составило 2,0 – 5,8 ПДК и 1,2 ПДК соответственно. В техноземе выявлено максимальное превышение нормативных значений для мышьяка, свинца, кадмия и цинка, которое составляет 200,5, 47,2, 14,0 и 5,5 раз соответственно. Проведенная оценка риска здоровью детского населения от химического загрязнения питьевой воды свидетельствует о том, что коэффициент неканцерогенной опасности для большинства исследуемых химических веществ не превышает допустимого значения ($HQ = 1,0$), исключение составляет коэффициент опасности, связанный с воздействием мышьяка ($HQ = 2,50$). При расчете суммарного индекса опасности при одновременном поступлении химических веществ выявлено, что для детского населения HI составил 4,12, при этом наибольший вклад в величину показателя внес мышьяк. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости дальнейшего изучения факторов окружающей среды и проведении углубленных медико-биологических исследований.

Ключевые слова: объекты накопленного экологического риска, горнорудная промышленность, тяжелые металлы, мышьяк

МИХАЙЛОВА Лариса Альфредасовна – канд. мед наук, доцент, заведующий кафедрой гигиены ФГБОУ ВО «Читинская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения РФ. Адрес: 672000 г. Чита, ул. Горького, 39а. Телефон: 8(3022) 32-30-88. E-mail: mihailova-la@mail.ru

MIKHAYLOVA Larisa Alfredasovna – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Hygiene, Chita State Medical Academy. Address: 672000, Chita, ul. Gor'kogo, 39a. Tel.: +7 (3022) 32-30-88. E-mail: mihailova-la@mail.ru

БОНДАРЕВИЧ Евгений Александрович – канд. биол. наук, доцент кафедры химии и биохимии ФГБОУ ВО «Читинская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения РФ. Адрес: 672000 г. Чита, ул. Горького, 39а. Телефон: 8(3022)35-16-59. E-mail: bondarevich84@mail.ru

BONDAREVITCH Evgeny Alexandrovitch – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Chemistry and Biochemistry, Chita State Medical Academy. Address: 672000, Chita, ul. Gor'kogo, 39a. Tel.: +7(3022) 35-16-59. E-mail: bondarevich84@mail.ru

НИМАЕВА Балжит Владимировна – ассистент кафедры гигиены ФГБОУ ВО «Читинская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения РФ. Адрес: 672000 г. Чита, ул. Горького, 39а. Телефон: 8(3022) 32-30-88. E-mail: s407060@yandex.ru

NIMAEVA Balzhit Vladimirovna, Assistant professor, Department of Hygiene, Chita State Medical Academy. Address: 672000 Chita, ul. Gor'kogo, 39a. Tel.: +7 (3022) 32-30-88. E-mail: s407060@yandex.ru

L.A. Mikhaylova, E.A. Bondarevich, B.V. Nimaeva

LEVELS OF INDIVIDUAL HEALTH RISKS TO THE POPULATION OF THE MINING AREA IN EASTERN ZABAIKALSKY KRAI

Abstract. The formation of geochemical anomalies in Zabaikalsky Krai is associated with the activities of mining enterprises. Over a long period of mining operations in Eastern Zabaikalsky Krai, a significant number of objects of accumulated environmental risk have formed, many of which are located in the vicinity of settlements. Mining wastes pose a potential hazard to the soil, underground and surface water sources, and atmospheric air pollution by a wide range of chemical elements. Arsenic, lead, zinc, cadmium, bismuth and tin are the most common chemical elements exceeding hygienic standards. As a result of a study of the water quality of surface water bodies, drinking water of centralized and non-centralized water supply systems, and the state of the soil cover in the territory of Klichka settlement (Priargunsky District), it was established that in the water of non-centralized and centralized drinking water supply sources the excess of hygienic standards for arsenic and chromium was 2.0 – 5.8 TLV and 1.2 TLV, respectively. The maximum excess of the normative values for arsenic, lead, cadmium and zinc was detected in technosol, which are 200.5, 47.2, 14.0 and 5.5 times, respectively. An assessment of children's health risk from chemical pollution of drinking water shows that the coefficient of non-carcinogenic hazard for most of the studied chemicals does not exceed the allowable value ($HQ = 1.0$) the exception is the hazard ratio associated with exposure to arsenic ($HQ = 2.50$). When calculating the total hazard index for the simultaneous ingestion of chemicals, it was found that for the child population the HQ was 4.12, with arsenic making the greatest contribution to the value of the index. The results obtained indicate the need for further study of environmental factors and in-depth biomedical research.

Keywords: objects of accumulated environmental risk, mining industry, heavy metals, arsenic.

Введение.

Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 26.07.2019) «Об охране окружающей среды» определяет необходимость ликвидации объектов накопленного вреда окружающей среде. Данный закон устанавливает, что «накопленный вред окружающей среде – вред окружающей среде, возникший в результате прошлой экономической и иной деятельности, обязанности по устранению которого не были выполнены, либо были выполнены не в полном объеме» и «объекты накопленного вреда окружающей среде – территории и акватории, на которых выявлен накопленный вред окружающей среде, объекты капитального строительства и объекты размещения отходов, являющиеся источником накопленного вреда окружающей среде».

Федеральный проект «Генеральная уборка» направлен на решение многолетней проблемы улучшения состояния территорий и акваторий, где выявлен вред окружающей среде, возникший в результате прошлой экономической и иной деятельности, а обязанности по его устранению не были выполнены либо были выполнены не в полном объеме. Данный документ предусматривает разработку методических рекомендаций по оценке риска воздействия объектов накопленного вреда окружающей среде на здоровье граждан и продолжительность их жизни, формирование инструментария для выделения тех объектов, которые могут оказать наибольшее негативное воздействие на здоровье населения [1].

Для Забайкальского края характерно наличие большого количества неблагоприятных экологических факторов природного и техногенного происхождения, к которым относятся суровый климат, радиоактивные аномалии и биогеохимические провинции, воздействие данных условий на организм приводит к развитию эколого-обусловленной патологии среди населения. Большую проблему представляет низкая способность почвы и атмосферного воздуха к самоочищению в связи с антициклональным типом циркуляции воздушных масс, что приводит к значительному загрязнению объектов окружающей среды, поэтому на территории страны регион характеризуется одним из наиболее высоких потенциалов деградации среды обитания [2].

Формирование геохимических аномалий в Забайкальском крае связано с деятельностью предприятий горнорудной промышленности. За длительный период эксплуатации месторождений Восточного Забайкалья сформировалось значительное количество объектов накопленного экологического риска, большинство из которых возникло в 1940 – 1980 гг. и после закрытия горнорудных предприятий в 90-е годы не подверглось рекультивации. В крае расположено около 80 хвостохранилищ обоганительных фабрик, к ним относятся хвосты обогащения и шлаки рудников Нерчинского горного округа, перерабатывавших руды многочисленных полиметаллических месторождений в XVIII–XIX вв., а также обоганительных фабрик горных предприятий, разрабатывавших в советское время месторождения золота, молибдена, вольфрама, олова, флюорита, урана, тория и др. [3].

Большая часть свинцово-цинковых месторождений региона сосредоточена на небольшой территории уран-золото-полиметаллического рудного пояса в междуречье Газимура и Аргуни, месторождения отрабатывались подземным способом. В п. Кличка (Приаргунский район) добыча полиметаллических руд была начата в 18 – 19 веках, за данный период было добыто 66416 тыс. т. Промышленная добыча возобновилась в 1955 году и продолжалась до 1994 года, за это время добыто 7030 тыс. т. руды. В 1962 году был создан Нерчинский полиметаллический комбинат, в состав которого вошло несколько рудников, имевших законченный цикл производства; обогащение проводилось флотационным методом на обоганительных фабриках, построенных на каждом руднике. Самая крупная фабрика производительностью до 220 тыс. т. находилась в п. Кличка. В результате деятельности предприятия на расстоянии 3 км к юго-западу от п. Кличка сформировалось хвостохранилище отходов переработки полиметаллических руд общей площадью около 50 га и массой 4,4 млн т. [4].

Отходы горнорудной промышленности загрязняют почву, подземные и поверхностные водоисточники, атмосферу широким спектром химических элементов. При изучении природных и техногенных ландшафтов горнопромышленных районов края установлено, что месторождения, являющиеся объектом разработки, служат источниками определенных типоморфных ассоциаций химических элементов, образующих их токсикогенные концентрации. Наиболее распространены следующие химические элементы: мышьяк, свинец, цинк, кадмий, висмут, олово, их содержание превышает ПДК [5]. Накопление тяжелых металлов и мышьяка в растительных и животных организмах непосредственно из окружающей среды или посредством так называемых пищевых цепочек обуславливает химическую контаминацию пищевого сырья, пищевых продуктов и поступление наиболее опасных ксенобиотиков в организм, что определяет актуальность изучения особенностей техногенного загрязнения объектов внешней среды и оценки риска для здоровья населения [6].

В связи с этим целью исследования было изучение степени контаминации почвенного покрова, техноземов и воды химическими веществами и оценка риска здоровью населения, связанного с элементным составом питьевой воды.

Материалы и методы исследования.

Изучение качества воды поверхностных водоемов, питьевой воды централизованной и нецентрализованной систем водоснабжения, состояния почвенного покрова осуществлено на территории п. Кличка (Приаргунский район), пробы воды, почвы, техноземов отобраны в соответствии с ГОСТ Р 59024 – 2020 «Вода. Общие требования к отбору проб» и ГОСТ 17.4.4.02 – 2017 «Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа». Определение содержания 40 химических элементов (Na, Mg, Al, P, S, Cl, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Br, Rb, Sr, Y, Cd, Sn, Sb, I, Cs, Ba, La, Ce, W, Hg, Tl, Pb, Bi, Th, U) в пробах воды проведено рентгено-флуоресцентным методом полного внешнего отражения на спектрометре S2 Picofox на базе лаборатории НИИ молекулярной медицины ФГБОУ ВО ЧГМА МЗ РФ (г. Чита). Определение содержания 32 химических элементов (Ag, Al, As, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sr, Ti, V, W, Y,

Zn и Zr) в пробах почвы и технозёмах проведено методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой на спектрометре Perkin Elmer NexION 300D (США) в аккредитованной лаборатории ЗАО «СЖС Восток Лимитед» (г. Чита). Анализ полученных результатов проводили в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Оценка степени опасности загрязнения почв как индикатора неблагоприятного воздействия на здоровье населения была проведена на основе коэффициентов концентрации (Kc) и суммарного показателя загрязнения почв (Zc), которые были рассчитаны относительно кларка по А.П. Виноградову. Степень опасности загрязнения почв определялась в соответствии с ориентировочной оценочной шкалой опасности загрязнения почв (МУ 2.1.7.730 – 99 «Почва. Очистка населенных мест, бытовые и промышленные отходы, санитарная охрана почвы. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест»).

Проведена оценка неканцерогенных рисков для здоровья населения, связанных с употреблением питьевой воды в соответствии с требованиями Р 2.1.10.1920 – 04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду». Уровни неканцерогенного риска оценивались путем сравнения фактических уровней экспозиции химических веществ с безопасными уровнями воздействия на основе индекса опасности. Коэффициенты опасности (HQ) рассчитывались для длительного хронического воздействия. При оценке комплексного воздействия на здоровье всех химических соединений в питьевой воде рассчитаны индексы опасности (HI) с учетом критических органов (систем), поражаемых исследуемыми веществами. Коэффициенты опасности и суммарные индексы опасности, характеризующие допустимое поступление, не должны превышать единицу, т.е. вероятность развития у человека опасных эффектов при ежедневном поступлении веществ, содержащихся в питьевой воде, не представляет риск для здоровья [7]. Математико-статистический анализ данных проводился с помощью программы MS Excel 2010.

Результаты и обсуждение.

Пробы были отобраны на территории недействующего горно-обогатительного комбината, хвостохранилища, отвалов и поселка. Максимальный уровень содержания большинства токсикантов определяется в техноземе, при этом превышение нормативных значений для мышьяка, свинца, кадмия и цинка составляет 200,5, 47,2, 14,0 и 5,5 раз соответственно. Территория бывшего горно-обогатительного комбината и отвалов также характеризуется высоким уровнем загрязнения такими элементами, как мышьяк, цинк, свинец, кадмий, сурьма. На территории поселка отмечаются концентрации поллютантов статистически значимо ниже, чем на остальных анализируемых участках, но установлены значения выше допустимых значений (табл. 1).

Таблица 1 – Среднее содержание химических элементов в почвах и технозёмах (мг/кг)

Место отбора проб	Ag	As	Cd	Pb	Sb	Zn	Cu
почва ГОК	55900,00	169,00	2,00	247,00	34,00	426,00	38,50
почва посёлок	14000,00	110,00	2,00	114,00	15,00	260,00	7,50
технозём	37600,00	401,00	7,00	1510,00	22,00	1220,00	21,60
отвалы	78100,00	167,00	5,00	110,00	14,00	1210,00	33,10
ПДК (ОДК)	-	2,0	0,5	32,0	4,5	55,0	33,0

Суммарный показатель загрязнения Z_c , рассчитанный для техноземов, территории ГОКа, отвалов и почв составил 460,05, 216,59, 211,05 и 129,8 соответственно, что соответствует «чрезвычайно опасной категории загрязнения».

Водоснабжение п. Кличка осуществляется за счет подземных вод и представлено артезианскими скважинами, используемыми как местным населением для личных нужд, так и муници-

пальными службами для обеспечения питьевой водой объектов социальной инфраструктуры (детских образовательных, медицинских организаций и т.д.). При анализе содержания химических элементов в воде источников нецентрализованного питьевого водоснабжения установлено превышение гигиенических нормативов для мышьяка и хрома. Доля проб воды с превышением содержания мышьяка составила 100 %, при этом концентрация элемента характеризовалась значениями в диапазоне от 0,024 до 0,058 мг/л, что превышало ПДК в 2,4 – 5,8 раз. Доля проб воды с превышением содержания хрома составила 50 %, концентрация элемента определялась на уровне 1,2ПДК (0,06 мг/л). Несоответствие требованиям нормативных значений качества питьевой воды систем централизованного водоснабжения по санитарно-химическим показателям было обусловлено повышенным содержанием мышьяка на уровне 2ПДК, для остальных элементов превышения не установлено. Обращает на себя внимание низкий уровень мышьяка (0,003 мг/л) в пробах воды, отобранных в каптаже родника, находящегося на расстоянии 1 км от населенного пункта. В воде р. Урулунгуй, протекающей вблизи населенного пункта, установлено высокое содержание железа (2,0 ПДК) и марганца (7,0 ПДК).

Проведенная оценка риска здоровью детского населения от химического загрязнения питьевой воды свидетельствует о том, что коэффициент неканцерогенной опасности для большинства исследуемых химических веществ не превышает допустимого значения ($HQ = 1,0$), исключение составляет коэффициент опасности, связанный с воздействием мышьяка ($HQ = 2,50$). При расчете суммарного индекса опасности при одновременном поступлении химических веществ выявлено, что для детского населения HI составил 4,12, при этом наибольший вклад в величину показатели внес мышьяк. При оценке риска развития неканцерогенных эффектов установлено, что для взрослого населения при поступлении нескольких химических веществ при расчете индекса опасности превышений не отмечалось.

При избытке мышьяка органами-мишенями служат костный мозг, желудочно-кишечный тракт, кожа, легкие и почки. Согласно классификации Международного агентства по изучению рака (МАИР), соединения неорганического мышьяка относятся к канцерогенам группы 1 (вещества с доказанной канцерогенностью для человека). Многими исследователями установлено развитие онкологических заболеваний у населения, проживающего на территории с содержанием мышьяка в питьевой воде, превышающем в 2 – 4 раза ПДК. Мышьяк кумулируется в тканях и органах и способствует развитию рака кожи [8].

ВОЗ выделяет мышьяк как особо опасный элемент среди широко распространенных химических загрязнений грунтовых вод, воздействие которого на организм человека представляет собой значимую проблему общественного здоровья и здравоохранения. Рассматриваются две основные причины концентрации мышьяка в питьевой воде. Во-первых, это особенности геологического строения территории поселка, поскольку источником загрязнения поллютантом трещинных вод является, как правило, рассеянная золоторудная минерализация. При этом надо учитывать, что господство той или иной геохимической обстановки сказывается на миграционной способности микроэлементов. Для мышьяка благоприятной является окислительная среда, в которой потоки его рассеяния имеют протяженность до 1,5 – 2,5 км от источника. Мышьяк является одним из элементов-спутников золоторудных месторождений, поэтому рассеянная минерализация этого элемента в условиях окислительной геохимической обстановки способна формировать протяженные ореолы рассеяния [9]. Во-вторых, высокие концентрации мышьяка в подземных водах могут быть обусловлены наличием хвостохранилища в непосредственной близости от поселка и интенсивным загрязнением местности, что приводит к миграции токсиканта.

Риски для здоровья граждан, которые формируются в результате длительного загрязнения атмосферного воздуха, природных и питьевых вод, почв, выращиваемой сельскохозяйственной продукции, могут и должны учитываться при выделении наиболее опасных объектов накопленного вреда, именно такие объекты должны подлежать ликвидации в первую очередь.

Заключение.

Таким образом, результаты исследования почвенного покрова и технозёмов свидетельствуют о повышении концентрации мышьяка, свинца, кадмия, сурьмы и цинка. Более высокие уровни накопления опасных металлов регистрируются на территории недействующего горно-обогатительного комбината, хвостохранилища и отвалов, что связано с производственной деятельностью предприятия. Установлено высокое содержание в питьевой воде, используемой для водоснабжения населенного пункта, мышьяка и хрома, вероятно, обусловленное как процессами загрязнения окружающей среды, так и природными геохимическими факторами. При оценке риска здоровью населения установлено, что коэффициент неканцерогенной опасности для большинства исследуемых химических веществ не превышает допустимого значения ($HQ = 1,0$), исключение составляет коэффициент опасности, связанный с воздействием мышьяка ($HQ = 2,50$). При расчете суммарного индекса опасности при одновременном поступлении химических веществ выявлено, что для детского населения HI составил 4,12, при этом наибольший вклад в величину показателя внес мышьяк.

Для выявления количественной оценки и доказательства наличия или отсутствия связи нарушений здоровья населения, проживающего в п. Кличка, с факторами среды обитания, обусловленными влиянием отходов горнорудного предприятия, необходимо проведение углубленных исследований, включающих дальнейшее изучение факторов окружающей среды (атмосферного воздуха, пищевых продуктов) и проведение медико-биологических исследований (эпидемиологических, химико-аналитических исследований биологических сред, медицинских осмотров и т.д.).

Литература

1. К задаче оценки воздействия объектов накопленного вреда окружающей среде на здоровье граждан и продолжительность их жизни / Н.В. Зайцева, И.В. Май, С.В. Клейн [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2022. – № 1. – С. 4-16. DOI: 10.21668/health.risk/2022.1.01
2. Состояние почвенного покрова в районах техногенных биогеохимических аномалий Забайкалья / Е.А. Бондаревич, Н.Н. Коцюржинская, А.А. Войченко [и др.] // Успехи современного естествознания. – 2020. – № 3. – С. 57–64.
3. Геохимические особенности руд и технозёмов хвостохранилища золото-молибденового рудника Давенда в Восточном Забайкалье / Юргенсон Г.А., Смирнова О.К., Солодухина М.А., Филенко Р.А. // Литосфера. – 2016. – № 2. – С. 91-106.
4. Гигиеническая оценка содержания химических элементов в почве горно-промышленных районов Забайкальского края / Л.А. Михайлова, М.А. Солодухина, О.Г. Алексеева [и др.] // Гигиена и санитария. – 2019. – № 4. – С. 400–410. DOI: 10.18821/0016 – 9900 – 2019-98-4-400-410.
5. Ермаков В.В. Биогеохимическая индикация микроэлементозов / В.В. Ермаков, С.Ф. Тютиков, В.А. Сазонов. – М.: ГЕОХИ РАН, 2018. – 386 с.
6. Петрова А.А. Содержание тяжёлых металлов в почвах города Мурманска / А.А. Петрова, Е.В. Абакумов // Гигиена и санитария. – 2019. – № 5(98). С. 478-482. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-5-478-482>
7. Коньшина Л.Г. Оценка риска здоровью детей, обусловленного химическим составом питьевой воды источников нецентрализованного водоснабжения Екатеринбурга / Л.Г. Коньшина // Гигиена и санитария. – 2019. – № 9(98). С. 997-1003. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-9-997-1003>
8. Влияние повышенного содержания мышьяка в питьевой воде на изменения биохимических показателей негативных эффектов у детей, проживающих на территории природной геохимической провинции / Ю.В. Кольдибекова, М.А. Землянова, О.В. Пустовалова [и др.] // Гигиена и санитария. – 2020. – Т. 99, № 8. – С. 834–840. DOI: 10.47470/0016-9900-2020-99-8-834-840.
9. Оценка риска здоровью населения, связанного с качеством питьевой воды (на примере нефтяных районов республики Башкортостан) / Л.Р. Рахматуллина, Р.А. Сулейманов, Т.К. Валеев [и др.] // Анализ риска здоровью. – 2021. – № 2. – С. 33–40. DOI: 10.21668/health.risk/2021.2.03

References

1. K zadache ocenki vozdejstviya ob»ektov nakoplennogo vreda okruzhayushchej srede na zdorov'e grazhdan i prodolzhitel'nost' ih zhizni / N.V. Zajceva, I.V. Maj, S.V. Klejn [i dr.] // Analiz riska zdorov'yu. – 2022. – № 1. – S. 4-16. DOI: 10.21668/health.risk/2022.1.01
2. Sostoyanie pochvennogo pokrova v rajonah tekhnogennyh biogeohimicheskikh anomalij Zabajkal'ya / E.A. Bondarevich, N.N. Kocyurzhinskaya, A.A. Vojchenko [i dr.] // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. – 2020. – № 3. – S. 57–64.
3. Geohimicheskie osobennosti rud i tekhnomezov hvostohranilishcha zoloto-molibdenovogo rudnika Davenda v Vostochnom Zabajkal'e / YUrgenson G.A., Smirnova O.K., Soloduhina M.A., Filenko R.A. // Litosfera. – 2016. – № 2. – S. 91-106.
4. Gigienicheskaya ocenka sodержaniya himicheskikh elementov v pochve gorno-promyshlennykh rajonov Zabajkal'skogo kraja / L.A. Mihajlova, M.A. Soloduhina, O.G. Alekseeva [i dr.] // Gigiena i sanitariya. – 2019. – № 4. – S. 400–410. DOI: 10.18821/0016 – 9900 – 2019-98-4-400-410.
5. Ermakov V.V. Biogeohimicheskaya indikaciya mikroelementozov / V.V. Ermakov, S.F. Tyutikov, V.A. Sazonov. – M.: GEOHI RAN, 2018. – 386 s.
6. Petrova A.A. Soderzhanie tyazhyolykh metallov v pochvah goroda Murmanska / A.A. Petrova, E.V. Abakumov // Gigiena i sanitariya. – 2019. – № 5(98). S. 478-482. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-5-478-482>
7. Kon'shina L.G. Ocenka riska zdorov'yu detej, obuslovlennogo himicheskim sostavom pit'evoj vody istochnikov necentralizovannogo vodosnabzheniya Ekaterinburga / L.G. Kon'shina // Gigiena i sanitariya. – 2019. – № 9(98). S. 997-1003. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-9-997-1003>
8. Vliyanie povyshennogo sodержaniya mysh'yaka v pit'evoj vode na izmeneniya biohimicheskikh pokazatelej negativnykh effektov u detej, prozhivayushchih na territorii prirodnoj geohimicheskoy provincii / YU.V. Kol'dibekova, M.A. Zemlyanova, O.V. Pustovalova [i dr.] // Gigiena i sanitariya. – 2020. – T. 99, № 8. – S. 834–840. DOI: 10.47470/0016-9900-2020-99-8-834-840.
9. Ocenka riska zdorov'yu naseleniya svyazannogo s kachestvom pit'evoj vody (na primere neftnykh rajonov respubliki Bashkortostan) / L.R. Rahmatullina, R.A. Sulejmanov, T.K. Valeev [i dr.] // Analiz riska zdorov'yu. – 2021. – № 2. – S. 33–40. DOI: 10.21668/health.risk/2021.2.03