

ЭКОЛОГИЯ ЖӘНЕ ЖАРАТЫЛЫСТАНУ ҒЫЛЫМДАР**ЭКОЛОГИЯ И ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ****ECOLOGY AND NATURAL SCIENCES**

DOI 10.47649/vau.2020.v58.i3.20

МРНТИ 87.15.21

УДК 556.388

А.Е.Воробьев¹, Р.Ш.Абдинов², К.Л.Щесняк¹¹Российский университет дружбы народов

г.Москва, Российская Федерация

²Атырауский университет имени Х.Досмухамедова

г. Атырау, Республика Казахстан

E-mail: fogel_al@mail.ru

**ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ
ПРИРОДНЫХ ВОД МЫШЬЯКОМ**

Раскрыта проблема мышьяка в питьевых водах, обуславливающая нарушение здоровья людей. Показаны основные пути попадания мышьяка из литосферы в питьевые воды. В земной коре мышьяк содержится в скальных горных породах, откуда он под воздействием процессов выветривания переходит в осадочные горные породы, аллювий и илы. Когда подземные воды проходят через участок земной коры, содержащий мышьяк в виде его минералов, то происходит насыщение вод мышьяком. Представлены химические реакции перехода мышьяка в легкорастворимые формы и основные его соединения в природных водах. Объяснен механизм миграции мышьяка в природных поверхностных и подземных водах. В Бангладеш около 60 млн. жителей используют в качестве питьевой зараженные мышьяком подземные воды и, следовательно, подвержены риску отравления. Детализирована карта мира по риску заражения мышьяком природных пресных вод. Показано, что в Казахстане имеются многочисленные геогенные месторождения и рудопоявления мышьяка, которые естественным путем заражают подземные воды. Только в пределах Восточного Казахстана выявлен Западно-Калбинский рудный пояс, имеющий протяженность около 800 км при ширине 80–100 км, рудные объекты которого представлены золото-арсенопиритовыми (с содержанием мышьяка до 2–5 %) рудами. Кроме того, в Казахстане наблюдается значительная техногенная составляющая загрязнения вод мышьяком, обусловленная влиянием горной промышленности: только в отвалах Усть-каменогорского металлургического комбината уже скопилось свыше 300 тыс. т мышьяковистых минеральных продуктов, с ежегодным их приростом в 11 тыс. т. Описан способ захоронения таких отходов, а также локализации мышьяка из подземных загрязненных вод на техногенных геохимических барьерах.

Ключевые слова: Подземные воды, поверхностные воды, мышьяк, загрязнение, влияние на людей, осаждение.

Отдельные участки земной коры зачастую крайне неоднозначны по своему минералогическому и химическому составу [7, 13, 14], что накладывает определенный отпечаток на состав их покрывающих почв, подземных и поверхностных (речных, озерных и т.д.) вод [6, 11, 12], а также биоты.

В частности, на протяжении тысячелетий мышьяк содержащие и листые отложения (образуемые из разрушенных речными водами и атмосферными осадками горных пород Гималаев) сформировали древнюю равнину в долинах дельте рек Ганг, Брахмапутра и Мегхна (рис. 1), которая в настоящее время представляет собой довольно густонаселенную (500 млн. жителей) территорию, площадью 700 тыс. км²[24]. При этом необходимо отметить, что равнины,

находящиеся у подножий Гималаев, относятся к числу территорий Земли с наиболее высоким в мире содержанием мышьяка, при средней его концентрации в земной коре - $1,7 \cdot 10^{-4} \%$.



Рис. 1. Речная сеть Ганга, Мегхна и Брахмапутры

Из мышьяк содержащих аллювиальных отложений этот токсичный элемент (As) попадает в питьевые воды и отравляет использующее их население. При этом в подземных водах обычное содержание мышьяка составляет 0,5–10 мкг/л [22], но в отдельных регионах Земли оно достигает 5 мг/л и более, что способно вызвать серьезное хроническое отравление людей [19]. Результат их употребления: поражение кожи людей, заболевание дыхательной и сердечно-сосудистой систем, возникновение некоторых видов рака, развитие гангрены, а также возможны тяжелые нарушения в работе мозга и организма человека в целом [20].

В 1992 г. было установлено, что в Бангладеш в некоторых близ поверхностных грунтовых водах содержание мышьяка превышает концентрацию 0,05 мг/л [17], что намного превышает норму (0,01 мг/л), допустимую критериями ВОЗ.

На интенсивность поступления мышьяка в поверхностные и подземные воды влияет целый комплекс условий [1]: особенности геохимических обстановок, наличие ионов мышьяка (образующих растворимые комплексы), наличие водопроводящих («живых») разломов [3, 5] и некоторые техногенные факторы. Так, в ходе осуществляемых исследований было установлено, что мышьяк попадает в речные и подземные воды несколькими путями [17].

Во-первых, вымыванием на земную поверхность дождевой водой из приземной атмосферы, куда мышьяк (в среднем 0,03 мкг/л) попадает в результате испарения с поверхности почв, ветровой эрозии, из вулканических эманаций или морских аэрозолей [22], а также в форме пылевых частиц (As_2O_3), образующихся при пылении на горных предприятиях [4, 8, 10], сжигании топлив и выплавки руды на металлургических заводах.

Во-вторых, проникновение мышьяка в воду подземного питьевого горизонта происходит за счет окисления различных сульфидов (в том числе и серного колчедана), содержащих в своей минеральной матрице мышьяк [24, 22]. Наиболее часто подземные воды с высоким содержанием As формируются в водоносных горизонтах, сложенных песчано-сланцевыми породами, в которых его концентрация обычно максимальна [15].

Так, массовое выкачивание вод из грунтовых горизонтов жителями Бангладеш свыше 50 лет для своих нужд и полива сельскохозяйственных посадок, привело к существенному понижению уровня подземных вод [17, 23]. В результате мышьяк содержащие минералы (прежде всего - серный колчедан) и

сопутствующие горные породы вступили в прямой контакт с кислородом атмосферного воздуха, который их окисляет.

Также возможно окислении содержащих мышьяк гидроокисей железа под воздействием органического углерода [17]. Кроме того, было установлено, что некоторые бактерии (с помощью специальных ферментов) запускают химические реакции, отцепляя оксиды железа, которые прежде удерживали мышьяк в связанном виде в составе его минералов-носителей [24].

Особая техногенная геоэкологическая ситуация сложилась в дельте р. Ганга, где в 1970-х началось бурение скважин, чтобы люди не пили поверхностную воду, заражённую болезнетворными микроорганизмами [18]. Такие бактериологические проблемы стали появляться в 1960-х гг., когда в странах Юго-Восточной Азии многие поверхностные водные источники оказались заражены патогенными бактериями, т.к. не были защищены от попадания в них не очищенной канализации или сельскохозяйственных стоков [24]. Поэтому в 1969 г. здесь было создано свыше миллиона скважин-колодцев.

При этом большинство скважин были заложены до глубины 50-200 м и заканчиваясь сразу, как только достигали первого слоя воды, не содержащего поверхностных бактерий [24]. Но именно на этой глубине в последствие были обнаружены основные залежи мышьяка в недрах это горегииона, о которых ранее не было известно.

Кроме того, отмечены высокие концентрации мышьяка в поровых водах не консолидированных осадков, а также в рассолах и нефтяных водах [22], что представляет определенную опасность для нефтедобывающих регионов Казахстана [26] (табл. 1), Северного Кавказа.

Таб.1 Основные показатели качества морской воды при добыче и транспортировке нефти на Каспийском море в Республике Казахстан (данные 2006-2016гг.) [18]

Показатель		Объект				
		Кашаган	Калемас	Кайран	Актоты	Промысловые трубопроводы
Температура, °C	max	32	32	29	30	31
	min	18	22	24	26	16
Соленость, ‰ мас	max	8,6	9,6	6	8	5
	min	6	6	3	4	2,2
Прозрачность, м	max	6,1	4,5	1,8	1,3	1,6
	min	1,5	1,7	0,2	0,4	0,8
Мутность, мп/л	max	65,091	26,039	52	39,117	65,078
	min	13,013	0	0,091	0,078	0,039
Водородный показатель pH	max	8,75	8,25	8,6	8,4	8,8
	min	8,04	8	8,25	8	7,75
Растворенный кислород	max	16,1	15	14,9	15,2	16
	min	10,2	9	9,1	9	9,9
Углеводороды, мг/дм ³	max	1,600	1,599	1,100	0,300	0,900
	min	0	0	0	0	0
Фенолы, мг/дм ³	max	0,08	0,059	0,065	0,055	0,071
	min	0	0	0	0	0
Тяжелые металлы и мышьяк, мкг/дм ³	max	700,0	1100,01	100,0	1000,0	100,0
	min	0	0	0	0	0
Биогенные соединения, мг/дм ³ :						
Азот аммонийный, мг/дм ³	max	0,587	0,03	0,08	0,08	0,587
	min	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04
Азот нитритный, мг/дм ³	max	0,065	0,011	0,011	0,011	0,011
	min	0,02	0,005	0,005	0,005	0
Азот нитратный, мг/дм ³	max	6,5	8,05	0,005	1	3
	min	0	0	0,001	0,01	0
Азот общий, мг/дм ³	max	2,26	0,78	0,60	0,60	-
	min	0,4	0,20	-	-	-
Фосфор общий, мг/дм ³	max	0,010	0,488	0,35	0,35	-
	min	0,005	0,110	0,02	0,02	0,013

Исследователи из Швейцарского федерального института водных наук и технологий (Eawag) разработали карту мира (рис. 2), где была обозначена степень риска попадания мышьяка в грунтовые воды, определенная на основе особенностей имеющихся условий территорий.

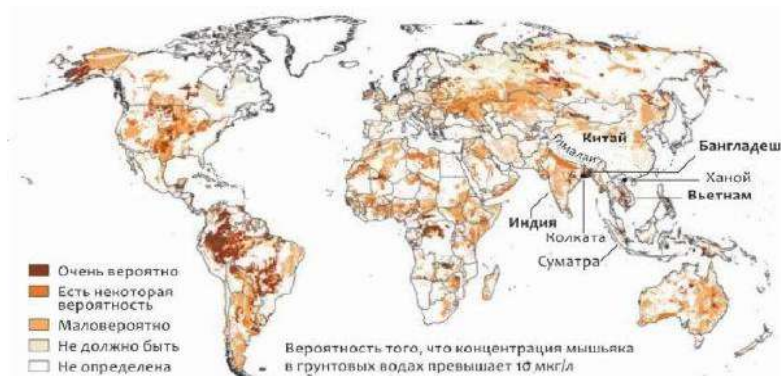


Рис. 2. Карта риска заражения мышьяком природных пресных вод [24]

Было установлено, что благодаря наличию значительного количества кислорода в поверхностных водах, в сочетании с низким уровнем значения рН, питьевые воды некоторых районов Аргентины, Чили, Китая, Вьетнама, Индии, Бангладеш, Непала, Тайваня, Казахстана, Монголии, северо-запада США и некоторых др. стран попадают в эту группу риска [24].



Рис. 3. Озеро Кобейтуз, Акмолинская область, Казахстан

В Восточном Казахстане Западно-Калбинский рудный пояс (имеющий протяженность около 800 км при ширине 80–100 км) значительно насыщен золото-арсенопиритовыми рудными объектами различного масштаба (с содержанием мышьяка до 2–5 %) [21]: здесь их количество превышает 500, что тоже сказывается на концентрации в природных водах мышьяка.

Кроме того, в Казахстане наблюдается значительная техногенная составляющая загрязнения вод мышьяком, обусловленная влиянием горной промышленности. Так, в отвалах Усть-каменогорского металлургического комбината уже скопилось около 300 тыс. т мышьяковистых продуктов, а ежегодный их прирост составляет 11 тыс. т. Также необходимо отметить, что на уровень загрязненности мышьяком озера Балхаш (занимающего 2-е место по объему в Казахстане) оказывают влияние сбросы ПО "Балхашмыс", со сточными водами которого (объемом 91041 тыс.м³ в год) в этот водоем ежегодно поступает 0,465 т этого элемента [2]. А концентрация мышьяка в водах р. Илек уже превышает допустимую в 400 раз [25]. Кроме того, в поверхностных водах озера Кобейтуз (рис. 3) были установлены довольно высокие (20,7 мг/дм³) концентрации мышьяка.

В России к регионам с повышенным содержанием мышьяка в подземных водах относятся территории [1]: Забайкальского, Пермского, Ставропольского и Хабаровского края, Магаданской и Пензенской областей, а также республик Тува и Дагестан. При этом, на многих этих территориях в артезианских бассейнах наблюдается четко выраженное изменение состава подземных вод (с увеличением концентрации мышьяка) и повышение их минерализации: от областей питания к областям разгрузки.

На территории артезианского бассейна Северного Дагестана, т.е. на северных склонах Главного Кавказского хребта имеют широкое распространение мышьяковистые минералы [22]: реальгар AsS , аурипигмент As_2S_3 , мышьяковистый колчедан, арсенопирит FeAsS , леллингит FeAs_2 и др. Такие особенности геологического строения данной территории способствуют формированию в поверхностных и подземных водах многочисленных аномалий по содержанию мышьяка (рис. 4).

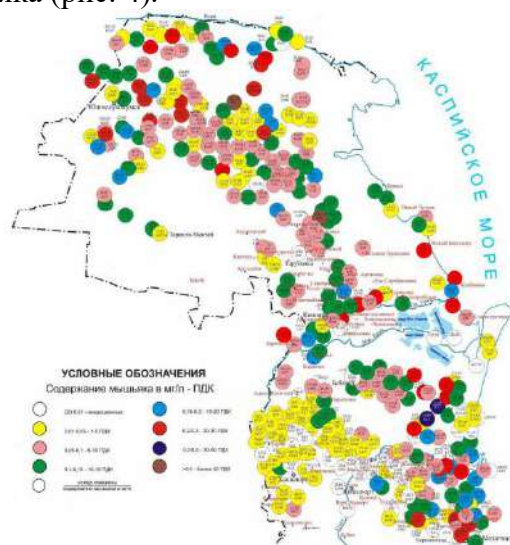


Рис. 6. Обзорная карта содержания мышьяка в артезианских водах Северо-Дагестанского бассейна [23]

В настоящее время разработаны несколько технологий по утилизации мышьяка, в зависимости от его фазового состояния и вида соединений.

Так, в ИИИТ РУДН нами разработана перспективная технология локализации мышьяка и других токсичных металлов при миграции загрязненных подземных вод в геологической среде [9], основанная на их осаждении на специально сформированных техногенных геохимических барьерах.

Еще одна технология, получившая практическое применение на предприятиях Усть-Каменогорского металлургического комплекса, базируется на том, что мышьяк, содержащийся в перерабатываемом минеральном сырье, выводится на свинцовом производстве в форме арсената кальция. В последующем на Зыряновском горно-обогатительном комбинате (г. Усть-Каменогорск, Казахстан) получают мышьяк в виде соединения с железом (труднорастворимый минерал скородит). В дальнейшем в ТОО «Казцинк» была разработана технология смешивания мышьяксодержащие отходы (18 тыс. т) с цементом в отношении 1:10, а получаемые бетонные «кубики» захоранивают на полигоне в районе бывшей испытательной площадки «Балапан» (Семипалатинский ядерный полигон), а также в горных выработках Греховского рудника.

В г. Свирске Иркутской области (РФ) для мышьяковых отходов, накопившихся при работе металлургического завода, был построен специальный саркофаг: 15 м в высоту, 50 м в ширину и более 1 км в длину, с вместимостью - 250 тыс. м³[21]. В нем были захоронены 150 тыс. т мышьяковистых огарков, а также все сооружения и оборудование металлургического завода, 16 тыс. т строительного мусора и порядка 40 тыс. т зараженной почвы.

Список литературы

- 1 Абдулмуталимова Т.О., Ревич Б.А. Сравнительный анализ содержания мышьяка в подземных водах Северного Дагестана // Юг России: экология, развитие. Т 7, N 2, 2012. С. 81-86.
- 2 Водные ресурсы республики Казахстан и их загрязнители // <https://lektsii.org/6-90149.html>.
- 3 Воробьев А.Е., Дьяконов В.В., Мадаева М.З., Сулейманов А.М. Водопроводящие разломы горной части Северной Осетии // XIII Международная конференция «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр». Москва-Тбилиси, М., РУДН. 2014. С. 332-334.
- 4 Воробьев А.Е., Мадаева М.З. Динамика развития загрязнения поверхностной гидросферы Северной Осетии // Сборник статей VI Международной научно-практической конференции «Инновации в технологиях и образовании». Часть 2. Белово. КГТУ. 2013. С. 70-71.
- 5 Воробьев А.Е., Мадаева М.З. Миграция флюидов по активным разломам и зонам трещиноватости Северной Осетии // Материалы XII международной конференции «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр» Москва (Россия) – Занджан (Иран). М., РУДН. 2013. С. 761-762.
- 6 Воробьев А.Е., Мадаева М.З. Основные особенности загрязнения подземных вод пород высокогорных территорий // X международная научно-практическая конференция «Инновации в технологиях и образовании». Ч 1. Белово. Изд-во филиала ун-та «Св. Кирилла и Св. Мефодия». Великово Тырново. Болгария. 2017. С. 50-52.
- 7 Воробьев А.Е., Мадаева М.З. Петрографические свойства горных пород Северной Осетии и оценка возможных геоэкологических рисков // Сборник научных статей международной научно-технической конференции «Проблемы и пути инновационного развития горно-металлургической отрасли». Часть 1. Ташкент. ТашГТУ. 2014. С. 171-173.
- 8 Воробьев А.Е., Мадаева М.З. Пылевая нагрузка от горнотехнических дорог Северного Кавказа на биосферу // Материалы III Международной конференции «Горное, нефтяное, геологическое и геоэкологическое образование в XXI веке», Москва - Горно-Алтайск, 2008. - Москва: РУДН, 2008. – С. 172-174.
- 9 Воробьев А.Е., Воробьев К.А., Мадаева М.З., Хаджиев А.А., Турлуев Р.А-В. Способ захоронения жидких стоков в геологической среде // Патент на изобретение РФ №2713796. 2019.
- 10 Воробьев А.Е., Побыванец В.С., Мадаева М.З. и др. Экологическая нагрузка от горноперерабатывающих предприятий Северокавказского региона и обеспечение его промышленной безопасности // Материалы III Международной конференции «Горное, нефтяное, геологическое и геоэкологическое образование в XXI веке», Москва - Горно-Алтайск, 2008. - Москва: РУДН, 2008. – С. 182-185.
- 11 Воробьев А.Е., Роман А.Т., Мадаева М.З. Геологическая деятельность подземных вод // Материалы XI Международной конференции «Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр», 18-21 сент. 2012 г. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2012. – Т. II. - 32 с.
- 12 Воробьев А.Е., Роман А.Т., Мадаева М.З. Подземные воды, их геологическая и гидрогеологическая деятельность // Материалы 11-ой международной конференции: Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр. М., РУДН. 2012. С. 252-255.
- 13 Воробьев А.Е., Шамшиев О.Ш., Мадаева М.З., Толобаева Н.Т., Хаджиев А.А. Основные закономерности металлогении мезо-кайнозойских комплексов Южного Тянь-Шаня // В сборнике: Горизонты науки: материаловедение и металлургия / Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию ФГБОУ ВО "ГГНТУ им. М.Д. Миллионщикова". ГГНТУ. Грозный. 2019. С. 104-111.
- 14 Воробьев А.Е., Шамшиев О.Ш., Мадаева М.З. Структурно-петрографические свойства горных пород высокогорных территорий и особенности загрязнения подземных вод. Монография. Бишкек (Кыргызстан). ИЦ «Текник». 2013. 176 с.
- 15 Киреева Т.А. Гидрогеохимия. М., МГУ. 2016.

16 Мельник Л.А., Бабак Ю.В., Гончарук В.В. Проблемы удаления соединений мышьяка из природных вод в процессе баромембранной обработки // Химия и технология воды. т. 34, №3. 2012. С. 273-282.

17 Над Бангладеш нависла угроза массового отравления мышьяком // https://yandex.ru/turbo/newsru.com/s/world/09dec2002/otravl_banglad.html.

18 Насырова Л.А., Сафаров А.М., Максотова А.М. Анализ основных показателей качества морской воды при добыче и транспортировке нефти на Каспии в Республике Казахстан // X международная научно-практическая конференция. 2017. С. 254-256.

19 Откуда мышьяк в бангладешских колодцах? // <https://earth-chronicles.ru/news/2011-10-27-10625>.

20 Пакистанцы подверглись воздействию повышенной концентрации мышьяка через загрязненную воду // <https://tass.ru/plus-one/5511809>.

21 Париков Ю.С., Мукаева А.Е. Экологическая безопасность отработки золото-мышьяковых месторождений Восточного Казахстана // Геология и охрана недр. № 2 (67). 2018. С. 60-65.

22 Самедов Ш.Г., Ибрагимова Т.И. Загрязнение подземных вод мышьяком равнинной части Дагестана // Экология и промышленность России. Т 19. N 5. С. 61-63.

23 Самедов Ш.Г., Ибрагимова Т.И. Экологические аспекты содержания мышьяка в подземных водах равнинной части Дагестана // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН N 63. 2014. С. 278-281.

24 Смертоносная вода // <https://scientifically.info/publ/7-1-0-260>.

25 Химически опасные воды // https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31200551#pos=3;-81.

26 Воробьев А.Е., Абдинов Р.Ш., Воробьев К.А. Вестник Атырауского государственного университета имени Халела Досмухамедова. №4(55)2019, -С.184-201.

ТАБИҒИ СУЛАРДЫҢ КҮШӘНМЕН ЛАСТАНУЫНЫҢ ТАБИҒИ ЖӘНЕ ТЕХНОГЕНДІК ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Денсаулыққа зиян келтіретін ауыз су құрамындағы мышьяк мәселесі ашылды. Литосферадан мышьяқты ауыз суға түсетінің негізгі жолдары көрсетілді. Мышьяқтың тез еритін формаларға және оның табиғи сулардағы негізгі қосылыстарына ауысуының химиялық реакциялары келтірілді. Табиғи тұщы сулардың мышьякпен ластану қаупі туралы әлемнің толық картасы. Табиғи беткі және жер асты суларында мышьяқтың қоныс аудару механизмі түсіндіріледі. Техногендік геохимиялық тосқауылдарда жерасты ластанған суларынан мышьяк оқшалауның әдісі сипатталды. Табиғи беткі және жер асты суларында мышьяқтың қоныс аудару механизмі түсіндіріледі. Бангладеште шамамен 60 миллион адам мышьякпен ластанған жер асты суларын ішу үшін пайдаланады, сондықтан улану қаупі бар. Табиғи тұщы сулардың мышьякпен ластану қаупі туралы әлемнің толық картасы. Қазақстанда жер асты суларын табиғи түрде ластайтын мышьяқтың көптеген техногендік кен орындары мен кен көріністері бар екендігі көрсетілген. Тек Шығыс Қазақстан шекарасында Батыс Калбинский кен белдеуі анықталды, оның ұзындығы 800 км-ге және ені 80–100 км, оның кен нысандары алтын-арсенипиритпен (құрамында мышьяк мөлшері 2–5% дейін) рудалармен ұсынылған. Сонымен қатар, Қазақстанда тау-кен өнеркәсібінің әсерінен мышьякпен судың ластануының айтарлықтай техногендік компоненті бар: тек Өскемен металлургия зауытының үйінділерінде 300 мың тоннадан астам мышьяк минералды өнімдері жиналып, жылдық өсімі 11 мың тоннаға жетті, жерлеу әдісі сипатталған. осындай қалдықтар, сондай-ақ техногендік геохимиялық тосқауылдардағы жерасты ластанған суларынан мышьяқтың локализациясы.

Негізгі сөздер: Табиғи сулар, күшән, мышьяк, ластану, техногендік ерекшеліктер, жер асты сулар, адамға әсерлері.

NATURAL AND TECHNOGENIC FEATURES OF POLLUTION NATURAL WATER ARSENIC

The problem of arsenic in drinking water, which causes a violation of human health, is revealed. The main ways of arsenic ingress from the lithosphere into drinking water are shown. In the earth's crust, arsenic is contained in rocky rocks, from where it under the influence of weathering processes passes into sedimentary rocks, alluvium and silts. When underground water passes through a section of the earth's

crust containing arsenic in the form of its minerals, the water is saturated with arsenic. Chemical reactions of arsenic transition to easily soluble forms and its main compounds in natural waters are presented. The mechanism of arsenic migration in natural surface and underground waters is explained. In Bangladesh, about 60 million people use arsenic-contaminated groundwater as drinking water and are therefore at risk of poisoning. Detailed map of the world on the risk of arsenic contamination of natural fresh water. It is shown that in Kazakhstan there are numerous geogenic deposits and ore occurrences of arsenic, which naturally infect groundwater. The West Kalba ore belt, which is about 800 km long and 80-100 km wide, has been identified only within Eastern Kazakhstan, and its ore objects are represented by gold-arsenopyrite (with an arsenic content of up to 2-5 %) ores. In addition, Kazakhstan has a significant technogenic component of arsenic water pollution due to the influence of the mining industry: only in the dumps of the Ust-Kamenogorsk metallurgical plant, more than 300 thousand tons of arsenic mineral products have already accumulated, with an annual increase of 11 thousand tons. The method of disposal of such waste, as well as localization of arsenic from underground polluted waters on technogenic geochemical barriers, is described.

Keywords: Groundwater, surface water, arsenic, pollution, effects on people, precipitation.

References

- 1 Abdulmutalimova T.O., Revich B.A. Sravnitel'nyj analiz sodержaniya mysh'jaka v podzemnyh vodah Severnogo Dagestana // Jug Rossii: jekologija, razvitie. T 7, N 2, 2012. S. 81-86.
- 2 Vodnye resursy respubliki Kazahstan i ih zagryazniteli // <https://leksi.org/6-90149.html>.
- 3 Vorob'ev A.E., D'jakonov V.V., Madaeva M.Z., Sulejmanov A.M. Vodoprovodjashhie razlomy gornoj chasti Severnoj Osetii // XIII Mezhdunarodnaja konferencija «Resursovoproizvodjashhie, maloohodnye i prirodohrannye tehnologii osvoenija nedr». Moskva-Tbilisi, M., RUDN. 2014. S. 332-334.
- 4 Vorob'ev A.E., Madaeva M.Z. Dinamika razvitiya zagryaznenija poverhnostnoj gidrosfery Severnoj Osetii // Sbornik statej VI Mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii «Innovacii v tehnologijah i obrazovanii». Chast' 2. Belovo. KGTU. 2013. S. 70-71.
- 5 Vorob'ev A.E., Madaeva M.Z. Migracija fljuidov po aktivnym razlomam i zonam treshhinovosti Severnoj Osetii // Materialy XII mezhdunarodnoj konferencii «Resursovoproizvodjashhie, maloohodnye i prirodohrannye tehnologii osvoenija nedr» Moskva (Rossija) – Zandzhan (Iran). M., RUDN. 2013. C. 761-762.
- 6 Vorob'ev A.E., Madaeva M.Z. Osnovnye osobennosti zagryaznenija podzemnyh vod porod vysokogornyh territorij // H mezhdunarodnaja nauchno-praktičeskaja konferencija «Innovacii v tehnologijah i obrazovanii». Ch 1. Belovo. Izd-vo filiala un-ta «Sv. Kirilla i Sv. Mefodija». Velikovo Tynovo. Bolgarija. 2017. S. 50-52.
- 7 Vorob'ev A.E., Madaeva M.Z. Petrograficheskie svojstva gornyh porod Severnoj Osetii i ocenka vozmožnyh geojekologičeskikh riskov // Sbornik nauchnyh statej mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskaj konferencii «Problemy i puti innovacionnogo razvitiya gorno-metallurgičeskaj otrasli». Chast' 1. Tashkent. TashGTU. 2014. S. 171-173.
- 8 Vorob'ev A.E., Madaeva M.Z. Pylevaja nagruzka ot gornotehnicheskikh dorog Severnogo Kavkaza na biosferu // Materialy III Mezhdunarodnoj konferencii «Gornoe, neftjanoe, geologičeskoe i geojekologičeskoe obrazovanie v XXI veke», Moskva - Gorno-Altajsk, 2008. - Moskva: RUDN, 2008. – S. 172-174.
- 9 Vorob'ev A.E., Vorob'jov K.A., Madaeva M.Z., Hadzhiev A.A., Turluev R.A.-V. Spособ zahoroneniya zhidkikh stokov v geologičeskaj srede // Patent na izobretenie RF №2713796. 2019.
- 10 Vorob'ev A.E., Pobyanec V.S., Madaeva M.Z. i dr. Jekologičeskaja nagruzka ot gornopererabatyvajushchih predpriyatij Severokavkazskogo regiona i obespechenie ego promyshlennoj bezopasnosti // Materialy III Mezhdunarodnoj konferencii «Gornoe, neftjanoe, geologičeskoe i geojekologičeskoe obrazovanie v XXI veke», Moskva - Gorno-Altajsk, 2008. - Moskva: RUDN, 2008. – S. 182-185.
- 11 Vorob'ev A.E., Roman A.T., Madaeva M.Z. Geologičeskaja dejatel'nost' podzemnyh vod // Materialy HI Mezhdunarodnoj konferencii «Resursovoproizvodjashhie, maloohodnye i prirodohrannye tehnologii osvoenija nedr», 18-21 sent. 2012 g. – Ust'-Kamenogorsk: VKGTU, 2012. – T. II. - 32 c.
- 12 Vorob'ev A.E., Roman A.T., Madaeva M.Z. Podzemnye vody, ih geologičeskaja i gidrogeologičeskaja dejatel'nost' // Materialy 11-oj mezhdunarodnoj konferencii: Resursovoproizvodjashhie, maloohodnye i prirodohrannye tehnologii osvoenija nedr. M., RUDN. 2012. S. 252-255.
- 13 Vorob'ev A.E., Shamshiev O.Sh., Madaeva M.Z., Tolobaeva N.T., Hadzhiev A.A. Osnovnye zakonomernosti metallogenii mezo-kajnozoijskich kompleksov Juzhnogo Tjan'-Shanja // V sbornike: Gorizonty nauki: materialovedenie i metallurgija / Materialy Mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj

konferencii, posvjashhennoj 100-letiju FGBOU VO "GGNTU im. M.D. Millionshhikova". GGNTU. Groznyj. 2019. S. 104-111.

14 Vorob'ev A.E., Shamshiev O.Sh., Madaeva M.Z. Strukturno-petrograficheskie svojstva gornyh porod vysokogornyh territorij i osobennosti zagriznenija podzemnyh vod. Monografija. Bishkek (Kyrgyzstan). IC «Teknik». 2013. 176 s.

15 Kireeva T.A. Gidrogeohimija. M., MGU. 2016.

16 Mel'nik L.A., Babak Ju.V., Goncharuk V.V. Problemy udalenija soedinenij mysh'jaka iz prirodnyh vod v processe baromembrannoj obrabotki // Himija i tehnologija vody. t. 34, №3. 2012. S. 273-282.

17 Nad Bangladesh navisla ugroza massovogo otravlenija mysh'jakom // https://yandex.ru/turbo/newsru.com/s/world/09dec2002/otravl_banglad.html.

18 Nasyrova L.A., Safarov A.M., Maksotova A.M. Analiz osnovnyh pokazatelej kachestva morskoy vody pri dobyche i transportirovke nefti na Kaspii v Respublike Kazahstan // X mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija. 2017. S. 254-256.

19 Otkuda mysh'jak v bangladeshskih kolodcah? // <https://earth-chronicles.ru/news/2011-10-27-10625>.

20 Pakistancy podverglis' vozdeystviyu povyshennoj koncentracii mysh'jaka cherez zagriznennuju vodu // <https://tass.ru/plus-one/5511809>.

21 Parilov Ju.S., Mukaeva A.E. Jekologicheskaja bezopasnost' otrabotki zoloto-mysh'jakovyh mestorozhdenij Vostochnogo Kazahstana // Geologija i ohrana neдр. № 2 (67). 2018. S. 60-65.

22 Samedov Sh.G., Ibragimova T.I. Zagriznenie podzemnyh vod mysh'jakom ravninnoj chasti Dagestana // Jekologija i promyshlennost' Rossii. T 19. N 5. S. 61-63.

23 Samedov Sh.G., Ibragimova T.I. Jekologicheskie aspekty sodержaniya mysh'jaka v podzemnyh vodah ravninnoj chasti Dagestana // Trudy Instituta geologii Dagestanskogo nauchnogo centra RAN N 63. 2014. S. 278-281.

24 Smertonosnaja voda // <https://scientifically.info/publ/7-1-0-260>.

25 Himicheski opasnye vody // https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31200551#pos=3;-81.

26 Vorob'ev A.E., Abdinov R.Sh., Vorob'ev K.A. Vestnik Atyrauskogo gosudarstvennogo universiteta imeni Halela Dosmuhamedova. №4(55)2019, -S.184-201.

Information about the authors:

Alexander Vorobyov, Doctor of Engineering, professor, chief researcher of Peoples' Friendship University of Russia, Moscow Miklukho Maclay 6 fogel_al@mail.ru 8-916-081-10-43

Rauan Abdinov, Phd Senior Lecturer of the Department of Ecology Atyrau, Kazakhstan, Almagul district 18 Abdinov.r@gmail.com 87017386923

Kirill Shchesnyak, Doctor of Economics, professor, director of Institute of innovative engineering technologies Peoples' Friendship University of Russia Moscow Miklukho Maclay 6