

plodorodie merzlotnykh i merzlotno-taezhnykh pochv // Izvestiya TSKhA. – 2015. – Вып. 2. – С. 5-14.

12. Dobrovolskiy V.V. Geokhimicheskoe zemlevedenie. – М.: Gumanitar. izd. tsentr VLADOS, 2008. – 207 s.

13. Perel'man A.I. Geokhimiya. – М.: Vysshaya shkola, 1989. – 528 s.

14. Ivanov V.V. Ekologicheskaya geokhimiya elementov. – М.: Nedra, 1994. – Kn. 2. – 142 s.

15. Kabata-Pendias A., Pendias Kh. Mikroelementy v pochvakh i rasteniyakh. – Per. s angl. – М.: Mir, 1989. – 425 s.

16. Ivanov V.V. Ekologicheskaya geokhimiya elementov. – М.: Nedra, 1996. – Kn. 4. – 206 s.

17. Syso A.I. Zakonomernosti raspredeleniya khimicheskikh elementov v pochvoobrazuyushchikh porodakh i pochvakh Zapadnoy Sibiri. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2007. – 277 s.

18. Sazonov N.N. Mikroelementy v merzlotnykh ekosistemakh i ikh znachenie v ispol'zovanii biologicheskikh resursov Yakutii:

avto-ref. diss. ... dokt. biol. nauk. – М., 2000. – 41 s.

19. Vodyanitskiy Yu.N. Tyazhelye metally i metalloidy v pochvakh. – М.: GNU Pochvennyy institut im. V.V. Dokuchaeva RASKhN, 2008. – 86 s.

20. Vodyanitskiy Yu.N. Tyazhelye i sverkhtyazhelye metally i metalloidy v zagryaznennykh pochvakh. – М.: GNU Pochvennyy institut im. V.V. Dokuchaeva, 2009. – 96 s.

21. Vodyanitskiy Yu.N. Izuchenie tyazhelykh metallov v pochvakh. – М.: Pochvennyy institut im. V.V. Dokuchaeva, 2005. – 109 s.

22. Perel'man A.I., Kasimov N.S. Geokhimiya landshafta. – М.: Astreya-2000, 1999. – 768 s.

23. Manceau A., Lanson B., Schlegel M.L., Harge J.C., Musso M., Eybert-Berard L., Hazemann J.-L., Chateigner D., Lamble G.M. Quantitative Zn speciation in smelter-contaminated soils by EXAFS spectroscopy // American J. Sci. – 2000. – Vol. 300. – P. 289-343.



УДК 504.4.054:543.2:546:539.16

**С.Н. Лукашенко, Н.Ж. Мухамедияров,  
М.Т. Койгельдинова, С.В. Макарычев,  
А.Ж. Ташекова  
S.N. Lukashenko, N.Zh. Mukamediyarov,  
M.T. Koygeldinova, S.V. Makarychev,  
A.Zh. Tashekova**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД РУЧЬЯ УЗЫНБУЛАК

### GENERAL CHARACTERISTICS OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES AND ELEMENTAL COMPOSITION OF SURFACE WATERS IN UZYNBULAK CREEK

*Ключевые слова:* бериллий, уран, элемент, тяжелые металлы, вода, ПДК.

*Keywords:* beryllium, uranium, element, heavy metals, water, maximum admissible concentration.

Приведены результаты исследования элементного состава поверхностных вод и физико-химических свойств ручья Узынбулак в разные сезоны одного года. Определено пространственно-сезонное изменение значений водородного показателя, окислительно-восстановительного потенциала и температуры поверхностных вод ручья Узынбулак. В воде ручья выявлено превышение среднего содержания в сравнении с речными водами мира таких элементов, как Li, Be, Na, K, Ca, Sr, Mo и U, причем средние концентрации Be и U выше ПДК.

The findings of the study of surface water elemental composition and physical and chemical properties of the Uzynbulak creek in different seasons of the same year are discussed. Spatial and seasonal variations of pH value, redox potential and surface water temperature were determined in the Uzynbulak creek. The excess of mean concentrations of such elements as Li, Be, Na, K, Ca, Sr, Mo and U was revealed in the creek water as compared to river water worldwide; the mean concentrations of Be and U exceeded the maximum admissible concentration.

**Лукашенко Сергей Николаевич**, к.б.н., зам. ген. директора по радиозэкологии, Институт радиационной безопасности и экологии Национального ядерного центра РК, г. Курчатов, Республика Казахстан. E-mail: lukashenko@nnc.kz.

**Мухамедияров Нурлан Жумагазыевич**, инженер, лаб. элементного анализа, Институт радиационной безопасности и экологии Национального ядерного центра РК, г. Курчатов, Республика Казахстан. E-mail: mukhamediyarov@nnc.kz.

**Койгельдинова Мадина Талгатовна**, к.б.н., руководитель лаб. элементного анализа, Институт радиационной безопасности и экологии Национального ядерного центра РК, г. Курчатов, Республика Казахстан. E-mail: koigeldinova@nnc.kz.

**Макарычев Сергей Владимирович**, д.б.н., проф., зав. каф. физики, Алтайский государственный аграрный университет. Тел.: (3852) 62-83-53. E-mail: phys\_asau@rambler.ru.

**Ташекова Ажар Жумановна**, к.б.н., инженер, лаб. элементного анализа, Институт радиационной безопасности и экологии Национального ядерного центра РК, г. Курчатов, Республика Казахстан. E-mail: esenzholova@nnc.kz.

**Lukashenko Sergey Nikolayevich**, Cand. Bio. Sci., Deputy General Director for Radioecology, Institute of Radiation Safety and Ecology, Natl. Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan, Kurchatov, Republic of Kazakhstan. E-mail: lukashenko@nnc.kz.

**Mukhamediyarov Nurlan Zhumagazyevich**, Engineer, Elemental Analysis Lab., Institute of Radiation Safety and Ecology, Natl. Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan, Kurchatov, Republic of Kazakhstan. E-mail: mukhamediyarov@nnc.kz.

**Koigeldinova Madina Talgatovna**, Cand. Bio. Sci., Head, Elemental Analysis Lab., Institute of Radiation Safety and Ecology, Natl. Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan, Kurchatov, Republic of Kazakhstan. E-mail: koigeldinova@nnc.kz.

**Makarychev Sergey Vladimirovich**, Dr. Bio. Sci., Prof., Head, Physics Dept., Altai State Agricultural University. Ph.: (3852) 62-83-53. E-mail: phys\_asau@rambler.ru.

**Tashekova Azhar Zhumanovna**, Cand. Bio. Sci., Engineer, Elemental Analysis Lab., Institute of Radiation Safety and Ecology, Natl. Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan, Kurchatov, Republic of Kazakhstan. E-mail: esenzholova@nnc.kz.

### Введение

СИП традиционно считают источником радиационной опасности, не принимая во внимание влияние тяжелых металлов (ТМ) и токсичных элементов, о существовании которых говорят ранее полученные экспериментальные данные [2-4]. Работа является продолжением работ, проведенных ранее по изучению содержания элементов в природных водах площадки «Дегелен».

Состав природной воды зависит от химических и физико-химических процессов, главные из которых: растворение твердых веществ водой; выделение из раствора осадков; поглощение газов, обмен ионами между твердым веществом и раствором; процессы гидролиза; комплексообразование; окислительно-восстановительные процессы.

Необходимо выделить процессы чисто физические, которые сами по себе не могут обусловить появление ионов или растворенных газов в воде, но косвенно меняют состав природных вод. К ним следует отнести: 1) увеличение концентрации растворенных веществ вследствие испарения воды или перехода части ее в лед; 2) уменьшение концентрации в результате выпадения атмосферных осадков, конденсации паров воды и ледотаяния; 3) смешение вод различного состава. Все вышеперечисленное взаимосвязано и, в свою очередь, определяет характер миграционных процессов в природных водах [14].

### Объекты и методы

**Цель работы** – определение физико-химических свойств и элементного состава поверхностных вод ручья Узынбулак.

Отбор проб воды из ручья проводился от места выхода водотока на дневную поверхность через каждые 500 м до 9 км. На основе ранее полученных данных были определены критические точки, в связи с чем на отрезке от 9 до 13 км отбор проводился через каждые 250 м (рис. 1). Отбор проб везде проводился сезонно – в апреле, июле и октябре 2015 г. В летний и осенний периоды пробы были отобраны не во всех точках в связи с пересыханием русла.

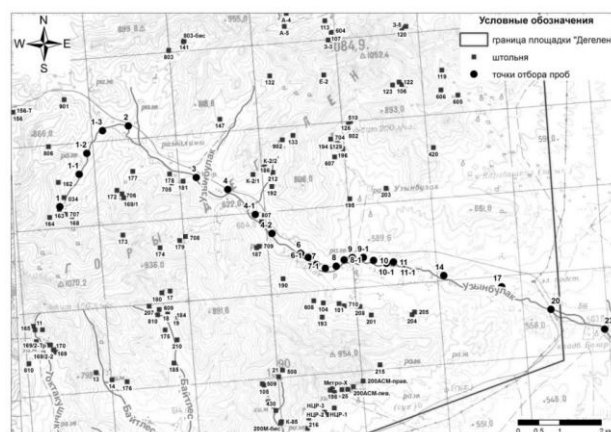


Рис. 1. Схема отбора проб ручья Узынбулак

Отбор и консервирование проб воды осуществлялись согласно ГОСТ Р 51592-2000. На месте отбора проб определялись температура (t), кислотнo-щелочные (pH) показатели и окислительно-восстановительный потенциал воды (Eh).

Определение содержания ХЭ проводилось методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) на квадрупольном масс-спектрометре Agilent 7700x фирмы «AgilentTechnologies» и «Elan 9000» фирмы «PerkinElmerSCIEX», а также на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно-связанной плазмой «iCAP 6300 Duo» фирмы ThermoScientific.

**Результаты исследований и их обсуждение**

Среднее содержание и пределы колебаний химических элементов в поверхностных водах ручья Узынбулак представлены в таблице. В связи с высоким размахом и коэффициентом вариации для большинства значений концентраций химических элементов (наличие «выбросов» в выборке) за средние значения приняты медианные значения. Значение концентрации следующих элементов во всех пробах находилось ниже предела обнаружения (мкг/л) метода МС-ИСП: Cd (0,1), Nb (0,01), Ta (0,01), Ti (1), W (0,01), Cr (0,5), Ge (1), As (0,1), Se (0,5), Gd (0,01), Dy (0,01), Ho (0,01), Er (0,01), Tm (0,01), Yb (0,01), Lu (0,01), Ru (0,01).

**Таблица**

**Медиана и пределы колебаний химических элементов в поверхностных водах ручья Узынбулак, мкг/л**

Элемент	Me (весна) min-max	Me (лето) min-max	Me (осень) min-max	Речные воды [7]	Эталонная пресная вода [11]	ПДК для воды [6, 8]
Li	6,8 3,4-59	9,2 0,4-28	16 10-47	4,6	3	30
Be	1,0 0,015-6	2,8 0,015-6,1	2,7 0,015-5,1	0,2	0,1	0,2
Na	12000 2900-38000	26000 11000-39000	24000 13000-43000	8700	5000	200000
Mg	7600 2300-21000	7800 5400-12000	8800 6100-16000	13000	4000	20000
Al	36 15-590	110 52-780	92 49-390	480	200	500
K	3300 660-21000	1400 880-29000	1400 1000-3000	1440	2000	-
Ca	28000 10000-63000	48000 36000-79000	48000 41000-90000	29000	2000	-
V	0,42 0,005-1,2	0,46 0,005-1,8	0,38 0,2-1,2	2	1	100
Mn	11 2-28	38 17-85	27 9,6-48	45	5	500
Fe	160 93-340	200 110-430	78 39-190	391	500	1000
Co	0,12 0,005-0,29	0,17 0,1-0,37	0,18 0,1-0,41	2	0,5	100
Ni	3,4 2-6,4	3,8 2,4-5,1	1,4 0,99-3,1	5,5	0,3	100
Cu	1,0 0,5-4,4	1,1 0,7-3	0,1 0,05-4,5	11,4	3	1000
Zn	40 9-180	55 9-200	39 11-130	73,6	5	5000
Rb	0,92 0,36-1,8	0,76 0,36-1	0,65 0,29-1,12	3	1	100
Sr	300 87-680	240 160-380	360 250-740	211	50	7000
Mo	7,6 2,8-480	7,2 4,2-180	7,0 1,4-210	1,3	1	250
Ba	26 11-45	32 19-39	38 15-54	34,9	10	100
La	0,03 0,005-0,62	0,07 0,005-0,25	0,05 0,005-0,14	0,11	0,3	-
Ce	0,05 0,05-1,1	0,53 0,05-1,1	0,12 0,005-0,34	1,4	0,4	-
Pb	0,01 0,005-0,001	0,30 0,005-1,1	0,02 0,005-0,9	6	3	30
U	34 0,23-560	12 0,5-62	20 0,03-110	3	0,1	15

Примечание. Для каждого элемента подсчитывались основные параметры распределения химических элементов: медиана (Me), минимальное (min) и максимальное (max) значения (для всех сезонов года).

Из данных таблицы следует, что диапазон концентраций химических элементов в пробах воды ручья составляет от  $n \cdot 10^{-2}$  мкг/л (V, Pb и легкие редкоземельные элементы (РЗЭ)) до  $n \cdot 10^5$  мкг/л (Na, K, Mg и Ca). Для таких элементов, как Li, Be, Na, K, Ca, Sr, Mo и U выявлено превышение значений среднего содержания для речных вод [2]. Для среднего содержания исследуемых элементов превышение значений ПДК не обнаружено. Отмечено превышение ПДК в 2 раза для среднего содержания урана только в весенний период.

Исследования сезонной вариативности содержания химических элементов в воде ручья Узынбулак показали, что наиболее стабильной за все периоды изучения остается концентрация следующих элементов: Mg, V, Co, Zn, Rb и Mo.

Также в водах ручья Узынбулак выявлены элементы, содержание которых проявляет нестабильный характер. Наблюдаются повышенные значения Fe и Ni в весенний и летний периоды более чем в 2 раза относительно осеннего. В весенний и осенний сезоны концентрация Sr и U выше, чем в летний. При этом следует отметить, что среднее содержание урана в 2 раза превышает ПДК. Для сезонной динамики изменения концентрации Li, Be, Al и Mn характерен летний и осенний максимум.

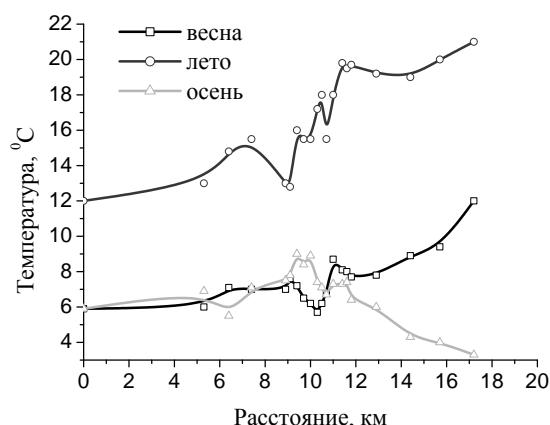
Особое внимание следует обратить на то, что содержание Se и Pb в летний период на порядок выше, чем в осенний, а концентрация Cu в весенний и летний сезоны значительно выше, чем в осенний.

Температура определяет подвижность и агрегатное состояние вещества (физико-химические фазы); скорость химических реакций, скорость и последовательность кристаллизации из расплавов и растворов; внутренние равновесие воды и т.д. [14]. На рисунке 2 представлено сезонное изменение температурного показателя поверхностных вод ручья Узынбулак.

Из графика видно, что температура проб воды в летний период на момент отбора варьировала от 12 до 21°C. В весенние и осенние периоды температурная область находилась в диапазоне 3-12°C, что в 2 раза ниже показателей в летний период. Для горного массива Дегелен характерна высокая годовая амплитуда температуры воздуха, что предполагает холодную зиму и жаркое засушливое лето [1].

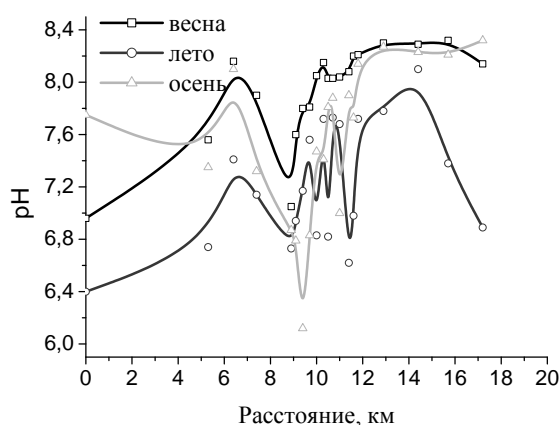
Подвижность элементов и их соединений меняется в зависимости от pH. Значение pH может быстро изменяться в результате химических, физических или биологически

процессов, протекающих в воде. На рисунке 3 показано пространственно-сезонное изменение водородного показателя поверхностных вод ручья Узынбулак.



**Рис. 2. Пространственно-сезонное изменение значений температуры поверхностных вод ручья Узынбулак**

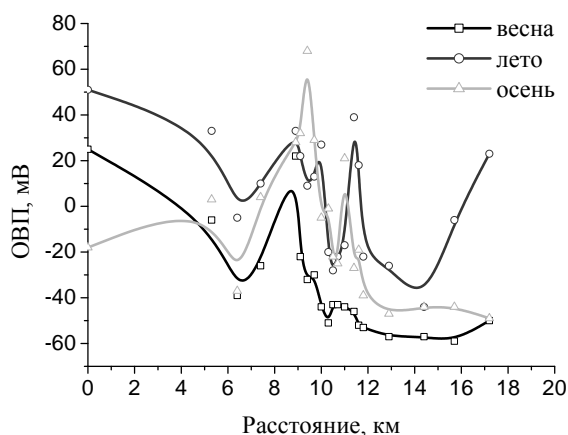
Значение водородного показателя изменялось по сезонам в диапазоне 6,1-8,3. Среднее значение pH составило в весенний, летний и осенний периоды 7,9; 7,2 и 7,6 соответственно. Таким образом, поверхностные воды ручья являются нейтральными в летний период и слабощелочными — в весенний и осенний периоды. Всплески и падения величин pH по руслу ручья наблюдались на следующих участках: 6,5; 9; 9,5-11 км от истока ручья.



**Рис. 3. Пространственно-сезонное изменение значений pH поверхностных вод ручья Узынбулак**

ОВП является мерой химической активности элементов в обратимых окислительно-восстановительных процессах, связанных с изменением заряда ионов в пробах воды. На рисунке 4 показано сезонное изменение ОВП для поверхностных вод ручья Узынбу-

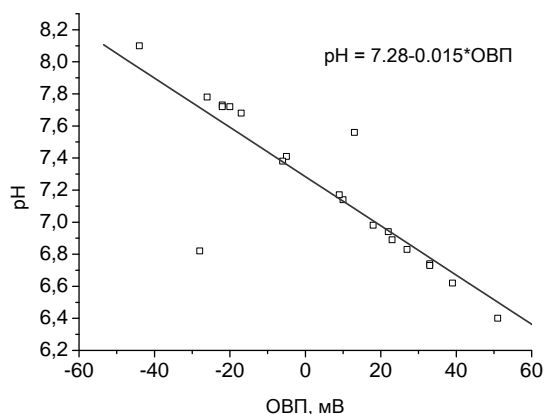
лак. В природной воде значение ОВП колеблется от -400 до +700 мВ [9], что определяется всей совокупностью происходящих в ней окислительных и восстановительных процессов.



**Рис. 4. Пространственно-сезонное изменение значений ОВП для русловых вод ручья Узынбулак**

Из рисунка 4 следует, что ОВП колеблется по всему руслу от -44 до +51 мВ, что типично для подземных горных источников и талой воды, где присутствуют металлы низких степеней валентности ( $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Mo^{4+}$ ,  $V^{3+}$ ,  $U^{4+}$ ). Резкие изменения показателей ОВП наблюдались для следующих участков ручья Узынбулак: 6,5; 9; 9,5-11 км от истока ручья.

Установлена зависимость между рН и Eh, для примера представлены данные, полученные в летний период (рис. 5).



**Рис. 5. Зависимость изменений значений рН от ОВП поверхностных вод ручья Узынбулак в летний период**

Ионы водорода непосредственно принимают участие в реакциях между Eh и рН. Как видно на рисунке 5 с увеличением рН уменьшается показатель Eh. В связи с этим реакции окисления протекают тем легче,

чем более щелочным является раствор [12].

**Выводы**

Воды ручья Узынбулак являются пресными со средней минерализацией 0,25 г/л сульфатно-кальциевого состава. В воде ручья имеются превышения средних содержаний в сравнении с речными водами мира таких элементов, как Li, Be, Na, K, Ca, Sr, Mo и U.

Выявлены значительные превышения ПДК в воде ручья Узынбулак для бериллия и урана. Максимальное превышение по Be достигало 30 ПДК, а по U – 4 ПДК. К устью ручья содержание бериллия и урана постепенно падает и за границами площадки «Дегелен» не превышает значений ПДК.

Проведена оценка сезонной вариативности (весна-лето-осень) концентраций химических элементов в воде ручья Узынбулак. Для исследуемых сезонов характерна общая тенденция распределения химических элементов в воде. Однако выявлены различия по некоторым элементам. Так, для Fe и Ni наблюдалось повышенное содержание в весенний и летний периоды более чем в 2 раза относительно осеннего. В весенний и осенний периоды концентрация Sr и U выше, чем в летний период. При этом следует отметить, что среднее содержание урана в 2 раза превышает ПДК. В летний и осенний периоды относительно весеннего наблюдалось повышенное содержание в несколько раз следующих элементов: Li, Be, Al и Mn.

Определены пространственно-сезонное изменение значений для рН, Eh и t поверхностных вод ручья Узынбулак. Установлена зависимость между рН и Eh, где с увеличением рН уменьшается Eh, и аналогично, с увеличением Eh уменьшается рН. Значительные колебания данных показателей являются важнейшими факторами миграции химических элементов, поскольку определяют прежде всего их физико-химические свойства.

**Библиографический список**

1. Программа работ по гидрогеологическому обследованию горного массива Дегелен после закрытия штолен (договор DTRA 0023/2 от 1 марта 1999 г.).
2. Говенко П.В., Амиров А.А., Лукашенко С.Н., Кириллова Т.Г. Исследование микроэлементного состава воды поверхностных водотоков горного массива Дегелен // Актуальные вопросы радиоэкологии Казахстана: сб. тр. Национального ядерного центра Республики Казахстан за 2011-



2012 г. / под рук. С.Н. Лукашенко. – Павлодар: Дом печати, 2013. – Вып. 4. – Т. 2. – 474 с.

3. Мероприятие 3. Проведение комплекса мероприятий по подготовке к ликвидации и консервации отходов ядерной оружейной деятельности, радиоактивных и токсичных отходов и по ремедиации (восстановлению) радиационно-загрязненных территорий. Задание 3.1. Проведение ремедиационных работ и работ по ограничению распространения загрязнения. Этап 3.1.4. Изучение водной миграции тяжёлых металлов и токсичных элементов за пределы горного массива Дегелен.

4. Мухамедияров Н.Ж., Койгельдинова М.Т., Кириллова Т.Г., Ташекова А.Ж. Исследование механизмов формирования элементного состава компонентов экосистемы ручья Узынбулак: НИОКР молодых ученых и специалистов Национального ядерного центра Республики Казахстан Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» Республиканского государственного предприятия «Национальный ядерный центр Республики Казахстан», 2015 г.

5. Шиян Л.Н. Анализ питьевых и природных вод: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2008.

6. Санитарно-эпидемиологические требования к водоемким объектам, хозяйственно-питьевому водоснабжению, местам культурно-бытового водопользования и безопасности водных объектов. № 104 СанПиН 18.01.12. – Астана, 2012.

7. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. – М.: НЕДРА, 1998.

8. СанПиН 2.1.4.1074-01.

9. Никаноров А.М. Гидрохимия: учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Гидрометеиздат, 2001. – 444 с.

10. Паницкий А.В., Магашева Р.Ю., Лукашенко С.Н. Характерные особенности радиоактивного загрязнения компонентов природной среды экосистем водотоков штолен горного массива «Дегелен» // Сборник трудов Института радиационной безопасности и экологии за 2007-2009 гг. / под рук. С.Н. Лукашенко. – Павлодар: Дом печати, 2010. – 528 с.

11. Markert B., Fresenius J. Inorganic chemical fingerprinting of the environment: "reference freshwater" – a useful tool for comparison and harmonization of analytical data in freshwater chemistry // J. Anal. Chem. – 1994. – 349:697-702.

12. Самарина В.С. Гидрогеохимия: учебное пособие. – Л.: Ленинград, 1977. – 360 с.

13. Пименова Е.В. Химические методы анализа в мониторинге водных объектов. – Пермь: ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2011. – 138 с.

14. Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 444 с.

15. ГОСТ Р 51592-2000. Вода. Общие требования к отбору проб. – М.: Изд-во стандартов, 2000. – 8 с.

## References

1. Programma rabot po gidrogeologicheskomu obsledovaniyu gornogo massiva Degelen posle zakrytiya shtolen (dogovor DTRA 0023/2 ot 1 marta 1999 goda).

2. Issledovanie mikroelementnogo sostava vody poverkhnostnykh vodotokov gornogo massiva Degelen. Govenko P.V., Amirov A.A., Lukashenko S.N., Kirillova T.G. Aktual'nye voprosy radioekologii Kazakhstana [Sbornik trudov Natsional'nogo yadernogo tsentra Respubliki Kazakhstan za 2011-2012 gg.] / pod ruk. S.N. Lukashenko. – Pavlodar: Dom pechati, 2013. – Vyp. 4. – T. 2. – 474 s.

3. Meropriyatie 3. Provedenie kompleksa meropriyatiy po podgotovke k likvidatsii i konservatsii otkhodov yadernoy oruzheynoy deyatel'nosti, radioaktivnykh i toksichnykh otkhodov i po remediatsii (vosstanovleniyu) radiatsionno-zagryaznennykh territoriy. Zadanie 3.1. Provedenie remediatsionnykh rabot i rabot po ogranicheniyu rasprostraneniya zagryazneniya. Etap 3.1.4. Izuchenie vodnoy migratsii tyazhelykh metallov i toksichnykh elementov za predely gornogo massiva Degelen.

4. Mukhamediyarov N.Zh., Koygel'dinova M.T., Kirillova T.G., Tashkova A.Zh. Issledovanie mekhanizmov formirovaniya elementnogo sostava komponentov ekosistemy ruch'ya Uzynbulak, NIOKR molodykh uchenykh i spetsialistov Natsional'nogo yadernogo tsentra Respubliki Kazakhstan Filial «Institut radiatsionnoy bezopasnosti i ekologii» Respublikanskogo gosudarstvennogo predpriyatiya «Natsional'nyy yadernyy tsentr Respubliki Kazakhstan», 2015 god.

5. Shiyen L.N. Analiz pit'evykh i prirodnykh vod: uchebnoe posobie. – Tomsk: Izd-vo TPU, 2008.

6. Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k vodoistochnikam, khozyaystvenno-pit'evomu vodosnabzheniyu, mestam kul'turno-bytovogo vodopol'zovaniya i bezopasnosti vodnykh ob'ektov» № 104 SanPiN 18.01.12. – Astana, 2012.

7. Shvartsev S.L. *Gidrogeokhimiya zony gipergeneza*. – M.: Nedra, 1998.
8. SanPiN 2.1.4.1074-01.
9. Nikanorov A.M. *Gidrokhimiya: ucheb-nik*. – 2-e izd., pererab. i dop. – SPb.: Gidrometeoizdat, 2001. – 444 s.
10. Panitskiy A.V., Magasheva R.Yu., Lukashenko S.N. *Kharakternye osobennosti radioaktivnogo zagryazneniya komponentov prirodnoy sredy ekosistem vodotokov shtolen gornogo massiva «Degelen» [Sbornik trudov Instituta radiatsionnoy bezopasnosti i ekologii za 2007-2009 gg.] / pod ruk. S.N. Lukashenko*. – Pavlodar: Dom pečati, 2010. – 528 s.
11. Markert B., Fresenius J. *Inorganic chemical fingerprinting of the environment: "reference freshwater" – a useful tool for comparison and harmonization of analytical data in freshwater chemistry // J. Anal. Chem.* – 1994. – 349:697-702.
12. Samarina V.S. *Gidrogeokhimiya: uchebnoe posobie*. – L.: Izd-vo Leningrad, 1977. – 360 s.
13. Pimenova E.V. *Khimicheskie metody analiza v monitoringe vodnykh ob"ektov*. – Perm': FGBOU VPO Permskaya GSKhA, 2011. – 138 s.
14. Alekin O.A. *Osnovy gidrokhimii*. – L.: Gidrometeoizdat, 1970. – 444 s.
15. GOST R 51592-2000. *Voda. Obshchie trebovaniya k otboru prob.* – M.: Izd-vo standartov, 2000. – 8 s.

*Работа выполнена при частичной финансовой поддержке грантового финансирования Министерства образования науки Республики Казахстан (5032/ГФ4 «Выявление механизмов формирования уровня загрязнения химическими токсикантами объектов водопользования бывшего Семипалатинского испытательного полигона»).*



УДК 504.4.054:546:539.16

**Н.Ж. Мухамедияров, С.Н. Лукашенко,  
М.Т. Койгельдинова, С.В. Макарычев, Т.Г. Кириллова  
N.Zh. Mukamediyarov, S.N. Lukashenko,  
M.T. Koygeldinova, S.V. Makarychev, T.G. Kirillova**

**ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ РУЧЬЯ УЗЫНБУЛАК  
ELEMENTAL COMPOSITION OF BOTTOM SEDIMENTS IN UZYNBULAK CREEK**

*Ключевые слова:* бериллий, уран, элемент, тяжелые металлы, кларк, донные отложения.

*Keywords:* beryllium, uranium, element, heavy metals, clarke, bottom sediments.

Приведены результаты исследования элементного состава компонентов экосистемы ручья Узынбулак в разные сезоны одного года. В донных отложениях выявлены превышения средних содержаний в сравнении с кларковыми значениями в почвах мира таких элементов, как Be, Mg, Al, Cr, Zn, Cd, Pb и U. Представлены данные исследований по содержанию форм нахождения химических элементов в донных отложениях на наиболее загрязненном участке ручья Узынбулак с 9 по 11,5 км.

The findings of the study of elemental composition in ecosystem components in the Uzynbulak creek in different seasons of the same year are discussed. Bottom sediments have revealed the excess of mean concentrations of such elements as Be, Mg, Al, Cr, Zn, Cd, Pb and U as compared to clarke values in soils worldwide. Study data are presented on the concentrations of chemical elements in bottom sediments in the most contaminated areas of the Uzynbulak creek in the section kilometer 9 to 11.5.

**Мухамедияров Нурлан Жумагазыевич**, инженер, лаб. элементного анализа, Институт радиационной безопасности и экологии Национального ядерного центра РК, г. Курчатов, Республика Казахстан. E-mail: mukhamediyarov@nnc.kz.

**Mukamediyarov Nurlan Zhumagazyevich**, Engineer, Elemental Analysis Lab., Institute of Radiation Safety and Ecology, Natl. Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan, Kurchatov, Republic of Kazakhstan. E-mail: mukhamediyarov@nnc.kz.

**Лукашенко Сергей Николаевич**, к.б.н., зам. ген. директора по радиоэкологии, Институт радиационной безопасности и экологии Национального ядерного центра РК, г. Курчатов, Республика Казахстан. E-mail: lukashenko@nnc.kz.

**Lukashenko Sergey Nikolayevich**, Cand. Bio. Sci., Deputy General Director for Radioecology, Institute of Radiation Safety and Ecology, Natl. Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan, Kurchatov, Republic of Kazakhstan. E-mail: lukashenko@nnc.kz.