

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК 639.01.05 / UDC 639.01.05

Геохимические особенности распределения тяжелых металлов в бассейне реки Большой Егорлык

© 2016 **Блужина А. С., Лиховид А. А., Бегдай И. В.**
Институт математики и естественных наук,
Северо-Кавказский федеральный университет,
Ставрополь, Россия; e-mail: institutka-aska@mail.ru; alikhovid@ncfu.ru; algae@mail.ru

Резюме. В статье проанализировано распределение тяжелых металлов в системе «растение-природная вода-донные отложения» агроландшафтов бассейна р. Большой Егорлык на территории Ставропольского края.

Ключевые слова: тяжелые металлы, коэффициент донной аккумуляции, коэффициент водной миграции, биогеохимическая формула ландшафта.

Формат цитирования: Блужина А. С., Лиховид А. А., Бегдай И. В. Геохимические особенности распределения тяжелых металлов в бассейне реки Большой Егорлык // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. Т. 10. № 2. 2016. С. 78-83.

Geochemical Features of Heavy Metals Distribution in the Bolshoy Egorlyk River Basin

© 2016 **Anastasia S. Bluzhina, Andrey A. Likhovid, Inna V. Begday**
Institute of Mathematics and Exact Sciences,
North Caucasian Federal University,
Stavropol, Russia; e-mail: institutka-aska@mail.ru; alikhovid@ncfu.ru; algae@mail.ru

Abstract. The authors of the article analyse the distribution of heavy metals in the "plant-natural water-sediment" system of the cultivated lands in the the Bolshoy Egorlyk river basin on the territory of Stavropol Krai.

Keywords: heavy metals, bottom accumulation coefficient, coefficient of aqueous migration, biogeochemical landscape formula.

For citation: Bluzhina A. S., Likhovid A. A., Begday I. V. Geochemical Features of Heavy Metals Distribution in the Bolshoy Egorlyk River Basin. Dagestan State Pedagogical University. Journal. Natural and Exact Sciences. Vol. 10. No. 2. 2016. pp. 78-83. (In Russian)

Закономерности водной миграции изучены достаточно хорошо. Главенствующая роль в подобных исследованиях принадлежит А. И. Перельману. Водная геохимическая миграция химических элементов, по его мнению, связана с окислительно-восстановительными и кислотно - щелочными условиями, характеристиками почв,

особенностями биотической составляющей, влаго- и теплообеспеченностью [6. С. 148]. То есть каждому отдельному ландшафту присуща своя специфичная геохимическая среда [4. С. 153].

Содержание химических элементов в природных водах и интенсивность их миграции зависят от физико-географических

условий на водосборных площадях. К ним можно отнести: температурный режим территории, количество осадков, характер их распределения, геологические условия, литологический состав почвообразующих пород, водопроницаемость почвогрунтов, почвенно-растительные условия и состав почв.

Таким образом, интерес к закономерностям распределения тяжелых металлов в различных средах в связи с токсичными свойствами металлов и их важностью для жизнедеятельности живых организмов очевиден. Поэтому представляется необходимым проанализировать распределение тяжелых металлов в системе «растение-природная вода (река)-донные отложения» в условиях сельскохозяйственных ландшафтов на территории Ставропольского края. Изменение условий среды (орошение, внесение удобрений) способствует переходу элементов в легкодоступное для растений состояние, что может привести к их накоплению в сельскохозяйственных культурах и, в конечном итоге, представлять опасность для человека. Поэтому одной из актуальных задач является изучение распределения металлов в различных типах агроландшафтов Ставропольского края, а также количественная оценка геохимических потоков металлов с целью последующего применения полученных данных в природоохранных и сельскохозяйственных мероприятиях.

Реки Малая Кугульта, Большая Кугульта и Ташла являются притоками р. Большой Егорлык. Для лабораторных исследований нами отобраны 108 проб воды и 108 проб донных отложений. При этом использовались положения Р 52.24.353-2012 «Отбор проб поверхностных вод суши и очищенных сточных вод». Пробы природной воды из рек взяты с помощью специального пробоотборника, объем одной пробы составляет 4 л. Пробы растений озимой пшеницы отобраны в бассейне р. Большой Егорлык в районах течения рек: М. Кугульта, Б. Кугульта и Ташла на расстоянии 60 м от реки до сельскохозяйственного поля, на котором выращивается озимая пшеница. Всего взято 9 проб биологического материала (растения озимой пшеницы в одной пробе). В работе оперировали средними значениями тяжелых металлов, установленными при лабораторных анализах. Растения пшеницы отобраны в летний предуборочный период с помощью штык-лопаты. Точки отбора проб установлены на сельскохозяйственных

полях, где выращивается озимая пшеница. Распределение точек отбора проб биологического материала соответствует точкам отбора проб почвенных образцов по методу закрытого конверта с получением объединенной пробы, состоящей из 25 половозрелых растений озимой пшеницы (по пять растений в каждой точке отбора).

При лабораторном анализе использованы все части растений. Отбор проб растений озимой пшеницы для лабораторных исследований произведен поштучно с учетом «Унифицированных правил отбора проб сельскохозяйственной продукции, продуктов питания и объектов окружающей среды для определения микроколичеств пестицидов» № 2051-79 от 21 августа 1979 г. и методических рекомендаций «Контроль наноматериалов в объектах окружающей среды» МР 1.2.0043-11 от 17 октября 2011 года. Анализ проводился в аттестованной научно-учебной лаборатории «Экоаналитическая лаборатория исследований окружающей среды» ЦКП СКФУ. Содержание тяжелых металлов определялось методом атомно-абсорбционной спектроскопии на атомно-абсорбционном спектрометре с атомизацией в пламени iCE 3300 (Thermo Scientific, США) после озоления донных отложений и суховоздушной смеси растений пшеницы азотной кислотой.

Интенсивность вовлечения химических элементов в циклическую миграцию эколого-геохимических систем может быть охарактеризована специальными показателями – ландшафтно-геохимическими коэффициентами. Степень вовлечения элементов в водную миграцию показывает коэффициент водной миграции (K_x) по Перельману, отношение содержания элемента в минеральном остатке воды к его содержанию в горных породах, в которых происходит формирование этих вод, или кларку литосферы.

Степень накопления элементов растениями показывает коэффициент биологического поглощения, равный отношению содержания элемента в золе растений к содержанию этого элемента в почве или породе.

Любой элементарный ландшафт может быть охарактеризован *биогеохимической формулой*, имеющей вид неправильной дроби. На месте целого числа указывается типоморфный элемент, в скобках после него – растворенный в воде газ. В числителе приводятся индикаторные рассеянные элементы, у которых коэффициент биологиче-

ского поглощения больше коэффициента водной миграции, в знаменателе – элементы с обратными соотношениями K_c и K_b . Таким образом, выделяются две основные для данного ландшафта группы индикаторных элементов, способствующие геохимическому сопряжению: первая – наиболее интенсивно вовлекаемые в биологический круговорот, вторая – в водную миграцию. Для отличия автономного элементарного ландшафта от подчиненного в формуле последнего возле типоморфного элемента ставится знак «*» [7. С. 146].

В изучаемых участках перераспределение химических элементов происходит при наличии ионов углекислого газа и кальция в поверхностных водах и свободного доступа кислорода, то есть в кислой среде. Согласно карте почвообразующих пород, составленной М. Т. Куприченковым, Т. М. Антоновой и др., на основании материалов Л. Г. Балаева, П. В. Царева, П. Н. Чижикова путем закладывания глубоких разрезов и анализов образцов для изучаемых участков почвообразующими породами являются карбонатные пылеватые суглинки [1. С. 64]. По сведениям М. Т. Куприченкова, Т. М. Антоновой [7. С. 26] и др. в этих почвообразующих породах высокое содержание углекислой извести, следовательно, типоморфным элементом для указанных участков является кальций.

Для каждого из трех исследуемых участков нами рассчитан коэффициент водной миграции и биологического поглощения. Числовые значения этих коэффициентов на участке протекания р. Малая Кутульта представлены в таблице 1.

Биогеохимическая формула для данного участка исследования выглядит следующим образом:

$$* Ca^{2+}(CO_2) \frac{Cd}{Cu, Zn, Pb, Mn}.$$

Таблица 1

Значения ландшафтно-геохимических коэффициентов на участке протекания р. Малая Кутульта (участок № 1)

Химический элемент				
Cu	Zn	Pb	Cd	Mn
Коэффициент водной миграции				
4,06	4,16	3,30	0,34	0,06
Коэффициент биологического поглощения				
0,68	1,57	1,75	14,6	0,02

Согласно биогеохимической формуле участка исследования № 1, кадмий – это единственный металл, наиболее активно вовлекаемый в биологический круговорот, следовательно, кадмий так же активно накапливается в почвенном гумусовом горизонте. Энергичная биогенная аккумуляция – эффективный механизм отрицательной обратной биокосной связи, стабилизирующей состав почв и повышающей их плодородие. В целом почвы этого участка исследования должны обладать сравнительно высокой устойчивостью к химическому загрязнению тяжёлыми металлами.

Числовые значения геохимических коэффициентов на участке протекания р. Большая Кутульта приводятся в таблице 2.

Таблица 2

Значения ландшафтно-геохимических коэффициентов на участке протекания р. Большая Кутульта (участок № 2)

Химический элемент				
Cu	Zn	Pb	Cd	Mn
Коэффициент водной миграции				
7,35	7,78	4,60	0,00	0,08
Коэффициент биологического поглощения				
0,74	0,70	1,80	20,77	0,03

Для данного участка исследования биогеохимическая формула выглядит следующим образом:

$$* Ca^{2+}(CO_2) \frac{Cd}{Cu, Zn, Pb, Mn}.$$

Как видно из формулы участка исследования № 2, кадмий является наиболее активно вовлеченным в биологический круговорот, в то время как медь, цинк, свинец и марганец доминируют в процессах водной миграции.

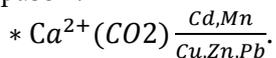
Числовые значения геохимических коэффициентов на участке протекания р. Ташла приведены в таблице 3.

Таблица 3

Значения ландшафтно-геохимических коэффициентов на участке протекания р. Ташла (участок № 3)

Химический элемент				
Cu	Zn	Pb	Cd	Mn
Коэффициент водной миграции				
8,70	6,24	5,20	0,45	0,10
Коэффициент биологического поглощения				
0,79	0,54	1,44	17,70	0,30

Биогеохимическая формула для данного участка исследования выглядит следующим образом:



Согласно биогеохимической формуле участка исследования № 3, наиболее активно вовлечены в биологический круговорот кадмий и марганец, в процессах водной миграции фигурируют медь, цинк и свинец.

По А. Г. Добровольскому, необходимые для растений микроэлементы, в частности цинк и марганец, имеют наибольшие коэффициенты биологического поглощения. В нашем случае к этим элементам относятся кадмий и марганец.

Полученные геохимические индексы демонстрируют эколого-геохимическую общность на участках исследования с преобладанием кадмия в процессах биологической миграции, а меди, цинка, свинца и марганца – в процессах водной миграции.

В связи со способностью к аккумуляции химических веществ в донных отложениях и для более полной оценки экологического состояния водного объекта, отметим, что на сегодняшний день проведение анализа воды недостаточно, необходим комплексный подход с учетом состояния донных отложений. В соответствии с этим нами исследован донный грунт притоков реки Большой Егорлык (реки Малая Кугульта, Большая Кугульта и Ташла) в северо-западной части Ставропольского края.

Донные отложения являются субстанцией концентрирования химических веществ во времени, их хранителем и в случае мобильности (под тем или иным воздействием) химических веществ – источником вторичного загрязнения речных экосистем [6. С. 221-231; 9. С. 113-117].

Поскольку утвержденные экологические нормативы содержания микроэлементов в донных отложениях в Российской Федерации отсутствуют, при анализе полученных результатов обычно используются ГН 2.1.7.2511-09 «Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве». Однако в связи с тем, что значения ОДК значительно превышают фоновые, оценка водного объекта может быть некорректной. Поэтому, в отсутствие значений фоновых концентраций, для донных отложений притоков среднего течения р. Б. Егорлык нами как фоновые принимались средние значения концентраций элементов, полученные при анализах отобранных в истоке проб.

Для оценки степени накопления металлов в донных отложениях Ю. Е. Саеом с соавт. [3. С. 46] разработан суммарный показатель загрязнения Z_c , представляющий собой аддитивную сумму превышений коэффициентов концентраций токсичных элементов над фоновым уровнем:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_c - (n - 1),$$

где K_c – коэффициент концентрации, равный отношению содержания химического элемента в оцениваемом объекте к его фоновому содержанию (C_i) / (C_f); C_f – концентрация вещества в истоке реки; n – число химических элементов.

В результате проведенных работ были получены данные, характеризующие донные отложения притоков среднего течения р. Б. Егорлык, которые приведены в таблицах 4-6. Их анализ позволяет сделать вывод, что в донных отложениях притоков среднего течения р. Б. Егорлык наблюдается эпизодическое превышение фоновых концентраций токсичных веществ.

Таблица 4
 Результаты исследования донных отложений р. Малая Кугульта

Пункт отбора проб	Концентрации загрязняющих веществ									
	Cu	K _c	Zn	K _c	Pb	K _c	Cd	K _c	Mn	K _c
№1-фон	5,41		13,1		1,03		<5	1	1,85	
№2	8,06	1,49	15,2	1,16	1,01	0,98	<5	1	2,12	1,15
№3	6,55	1,21	14,5	1,11	1,21	1,18	<5	1	4,84	2,62
№4	5,63	1,04	13,9	1,06	1,12	1,09	<5	1	2,43	1,31

Таблица 5
 Результаты исследования донных отложений р. Ташла

Пункт отбора проб	Концентрации загрязняющих веществ									
	Cu	K _c	Zn	K _c	Pb	K _c	Cd	K _c	Mn	K _c
№1-фон	3,67		12,8		1,45		<5	1	1,32	
№2	3,89	1,06	13,7	1,07	2,14	1,48	<5	1	1,97	1,49
№3	5,18	1,41	15,5	1,21	1,31	0,78	<5	1	3,45	2,61
№4	4,82	1,31	14,9	1,16	1,86	1,28	<5	1	3,57	2,70

Во всех отобранных пробах отмечается незначительное превышение содержания свинца над фоновым уровнем. Естественным источником поступления свинца в воду служат процессы растворения минералов, после чего он адсорбируется взвешен-

ными веществами и осаждаются с ними в донные отложения.

Свинец относится к элементам 1-го класса опасности, и его поступление в окружающую среду во многом связано с антропогенной деятельностью [2. С. 115-122]. Основываясь на полученных значениях содержания меди в донных отложениях, можно сделать вывод о незначительном накоплении этого элемента.

Превышение содержания марганца отмечается эпизодически, но эти превышения так же, как и в остальных случаях, незначительны, что можно связать с его поступлением в процессе разложения водных животных и растительных организмов, особенно сине-зеленых, диатомовых водорослей и высших водных растений, а также с природным происхождением этого элемента.

Таким образом, использование геохимических коэффициентов позволяет более четко выявить геохимическую дифференциацию распределения тяжелых металлов в системе «растение-природная вода-донные

отложения рек» в условиях агроландшафтов бассейна р. Большой Егорлык.

Таблица 6

Результаты исследования донных отложений р. Большая Кугульта

Пункт отбора проб	Концентрации загрязняющих веществ									
	Cu	K _c	Zn	K _c	Pb	K _c	Cd	K _c	Mn	K _c
№1-фон	3,43		12,7		2,72		<5	1	3,85	
№2	5,58	1,63	13,2	1,04	1,89	0,69	<5	1	3,48	1,11
№3	3,29	0,96	13,9	1,09	3,47	1,28	<5	1	4,12	1,07
№4	6,63	1,93	14,8	1,17	3,25	1,19	<5	1	5,03	1,31

Геохимической особенностью вышеуказанных систем является активный захват кадмия растениями пшеницы, такие металлы, как медь, марганец, свинец и цинк являются доминирующими в процессах водной миграции. Из них по показателям коэффициента донной аккумуляции марганец и медь накапливаются в донных отложениях, а цинк и свинец продолжают перераспределяться в геохимическом пространстве.

Литература

1. Балаев Л. Г., Царев П. В. Лессовые породы Центрального и Восточного Предкавказья. М.: Наука, 1964. 248 с.
2. Бегдай И. В., Шкарлет К. Ю., Каторгин И. Ю., Харин К. В. Исследование химического состава донных отложений верховьев реки Кубань // Наука. Инновации. Технологии. 2013. № 3. С. 115-122.
3. Геохимия окружающей среды / Ю. Е. Саэт, Б. А. Ревич, Е. П. Янин и др. М.: Недра, 1990. 335 с.
4. Добровольский В. В. Основы биогеохимии. Учебник для студентов высших учебных заведений М.: Издательский центр «Академия», 2003. 400 с.

5. Исаченко А. Г. Экологическая география России. СПб.: Издательский дом СПбГУ, 2001. 328 с.
6. Кондратьева Л. М. Вторичное загрязнение водных экосистем // Водные ресурсы, 2000. Т. 27. № 2. С. 221-231.
7. Купреинсков М. Т., Антонова Т. Н., Симбирев Н. Ф., Цыганков А. С. Земельные ресурсы Ставрополя и их плодородие. Ставрополь, 2002. 320 с.
8. Перельман А. И., Касимов Н. С. Геохимия ландшафта. М.: Астрей, 2000. 610 с.
9. Румянцев А. Н. Химические аспекты вторичного загрязнения водных экосистем // Труды Псковского политехнического института. 2008. № 11. С. 114-117.

References

1. Balaev L. G., Tsarev P. V. *Lessovye porody Tsen-tral'nogo i Vostochnogo Predkavkaz'ya* [Loess rocks of the Central and East Ciscaucasia]. Moscow, Nauka Publ., 1964. 248 p. (In Russian)
2. Begday I. V., Shkarlet K. Yu., Katorgin I. Yu., Kharin K. V. The study of the chemical composition of bottom deposits of the upper reaches of the Kuban River. *Nauka. Innovatsii. Tekhnologii* [Science. Innovation. Technology]. 2013. No. 3. pp. 115-122. (In Russian)
3. *Geokhimiya okruzhayushchey sredy* [Environmental Geochemistry]. Ed. by Yu. E. Saet, B. A. Revich, E. P. Yanin et al. Moscow, Nedra Publ., 1990. 335 p. (In Russian)

4. Dobrovolsky V. V. *Osnovy biogeokhimii* [Fundamentals of Biogeochemistry]. Textbook for university students. Moscow, Academia Publ., 2003. 400 p. (In Russian)
5. Isachenko A. G. *Ekologicheskaya geografiya Rossii* [Environmental geography of Russia]. Saint Petersburg, SpSU Publ., 2001. 328 p. (In Russian)
6. Kondratyeva L. M. *Secondary contamination of aquatic ecosystems. Vodnye resursy* [Water resources]. 2000. Vol. 27. No 2. pp. 221-231. (In Russian)
7. Kupreinskoy M. T., Antonova T. N., Simbirev N. F., Tsygankov A. S. *Zemel'nye resursy Stavropol'ya i ikh plodorodie* [Land resources of Stavropol Territory]

ry and their fertility]. Stavropol, 2002. 320 p. (In Russian)

8. Perelman A. I., Kasimov N. S. *Geokhimiya land-shafta* [Geochemistry of landscape]. Moscow, Astreya, 2000. 610 p. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Принадлежность к организации

Блужина Анастасия Сергеевна, научный сотрудник Северо-Кавказского федерального университета (СКФУ), Ставрополь, Россия; e-mail: institutka-aska@mail.ru

Лиховид Андрей Александрович, доктор географических наук, кандидат биологических наук, профессор кафедры экологии и природопользования, ИМиЕН, проректор по научной работе и стратегическому развитию, СКФУ, Ставрополь, Россия; e-mail: alikhovid@ncfu.ru

Бегдай Инна Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры экологии и природопользования, заместитель директора Института математики и естественных наук по научной работе, СКФУ, Ставрополь, Россия; e-mail: algae@mail.ru

Статья поступила в редакцию 02.04.2016 г.

9. Rumyantsev A. N. Chemical aspects of the secondary pollution of water ecosystems. *Trudy Pskovskogo politekhnicheskogo instituta* [Proceedings of Pskov Polytechnic Institute]. 2008. No 11. pp. 114-117 (In Russian).

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Affiliations

Anastasia S. Bluzhina, researcher, North-Caucasian Federal University (NCFU), Stavropol, Russia; e-mail: institutka-aska@mail.ru

Andrey A. Likhovid, Doctor of Geography, Ph. D. (Biology), professor, the chair of Ecology and Environmental Management, Institute of Mathematics and Natural Sciences (IMNS); vice-rector for Research and Strategic Development, NCFU, Stavropol, Russia; e-mail: alikhovid@ncfu.ru

Inna V. Begday, Ph. D. (Technical Sciences), assistant professor, the chair of Ecology and Environmental Management, deputy director for Research, IMNS, NCFU, Stavropol, Russia; e-mail: algae@mail.ru

Article was received 02.04.2016.

Науки о Земле / Earth Science
Оригинальная статья / Original Article
УДК 911 / UDC 911

Оценка изменений современных агроклиматических условий природных ландшафтов Чеченской Республики

©2016 **Заурбеков Ш. Ш.¹, Бекмурзаева Л. Р.¹, Братков В. В.²**

¹ Грозненский государственный нефтяной технический университет им. академика М. Д. Миллионщикова, Грозный, Россия; e-mail: sher_57@mail.ru; eip-2011@yandex.ru

² Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия; e-mail: vbatkov@mail.ru

Резюме. Проанализирована изменчивость агроклиматических условий Чеченской Республики в связи с изменчивостью климата. Показано, что на территории республики отмечаются изменения температурного режима, режима увлажнения и других агроклиматических характеристик. В пределах пустынных и полупустынных ландшафтов наблюдается некоторая аридизация климата, что можно оценить как ухудшение агроклиматического потенциала ландшафтов. В пределах степных ландшафтов рост температуры воздуха сопровождался ростом количества осадков, что можно расценить как улучшение агроклиматических условий природных ландшафтов, однако при этом в последнее десятилетие увеличилась повторяемость неблагоприятных метеорологических явлений. В связи с ростом температур и осадков незначительно улучшились агроклиматические условия горно-котловинных кустарниково-степных ландшафтов.