

ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В РЕЧНОЙ ВОДЕ НИЗОВЬЯ ВОЛГИ

Булаткина Екатерина Геннадьевна

ООО «Газпром добыча Астрахань»
Россия, г. Астрахань, ул. Савушкина, 61а
E-mail: BulatkinaKatya@mail.ru

Плаkitин Владимир Анатольевич, аспирант

Астраханский государственный университет
414000, Россия, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1
E-mail: plakitin@mail.ru

Андрьянов Владимир Александрович, доктор географических наук

Астраханский государственный университет
414000, Россия, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1
E-mail: andrianov_v.a@mail.ru.

Межгодовая динамика и уровень содержания микроэлементов в водной среде напрямую коррелирует с гидрологическим режимом реки и степенью техногенного воздействия, являющейся причиной хозяйственной деятельности. Это характерно не только для района Астраханского газового комплекса (АГК), где с учётом качества сырья (содержание H₂S до 35 %), кислых газовых выбросов, в состав которых входят тяжёлые металлы и сточные воды, но и выше по течению реки за пределами Астраханской области. Основными источниками загрязнения поверхностных вод Низовья Волги являются: речной транспорт, сельское хозяйство, сточные воды городов, поселков и промышленных предприятий. В сложившейся ситуации возникла необходимость выявления возможного дополнительного влияния АГК на качество поверхностных вод в данном регионе. Отбор проб воды для анализа проводился в течение года с учётом гидрологических особенностей р. Волга. В фильтрованной воде после ее модификации раствором азотной кислоты определяли содержание тяжёлых металлов. Спектральный анализ проводили методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе МГА-915 с металлографитовым атомизатором. Анализ полученных результатов показал отсутствие существенного отличия в распределении элементов в воде транзитного стока р. Волги и в водотоках, окаймляющих территорию АГК. Данные многолетнего мониторинга за содержанием растворенных форм металлов в речном стоке Низовья Волги свидетельствуют о небольшом накоплении их в экосистеме за многолетний период времени.

Ключевые слова: экологический мониторинг, микроэлементы, тяжёлые металлы, Cd, Pb, Cu, Zn, Fe, Co, Ni, Mn, Al, Hg, р. Волга, спектральный анализ, ПДК

DYNAMICS OF TRACE ELEMENTS IN LOWER VOLGA RIVER WATER

Bulatkina Yekaterina G

ООО Gazprom dobycha Astrakhan
61a Savushkina st., Astrakhan, Russia, 414000
E-mail: BulatkinaKatya@mail.ru

Plakitin Vladimir A.

Post-graduate student,
Astrakhan State University
1 Shaumjan sq., Astrakhan, Russia, 414000
E-mail: plakitin@mail.ru

Andrianov Vladimir A.

D.Sc. in Geography
Astrakhan State University
1, Shaumjan sq., Astrakhan, Russia, 414000
E-mail: andrianov_v.a@mail.ru.

The interannual dynamics and the level of the content of microelements in the aquatic environment directly correlates with the hydrological regime of the river and the degree of anthropogenic impact, which is the cause of economic activity. This is characteristic not only for the district of Astrakhan gas complex (AGC), where a given quality of raw materials (content of H₂S up to 35%), sour gas emissions, which are composed of heavy metals and waste water, but also in the upstream of the river outside the Astrakhan area. The main sources of pollution of surface waters of the Lower reaches of the Volga river are: river transport, agriculture, waste water of cities, settlements and industrial enterprises. In the si-situation arose the need to identify possible additional influence of the AGC on the quality of surface waters in this region. Water samples for analysis were carried out during the year, taking into account hydrological features R. Volga. In filtered water after its modification solution of nitric acid was determined the content of heavy metals. The spectral analysis was conducted by the method of atomic-absorption spectrometry on the device MGA-915 with metal-graphite atomizer. Analysis of the results showed no significant differences in the distribution of elements in the water of the transit flow The Volga river and in the water surrounding the territory of the AGC. Data of long-term monitoring of the content of the dissolved forms of metals in river discharge Lower reaches of the Volga indicate a small accumulation of them in the ecosystem for a long period of time.

Keywords: Environmental monitoring, trace elements, heavy metals, Cd, Pb, Cu, Zn, Fe, Co, Ni, Mn, Al, Hg, p. Volga, spectrum analysis, maximum allowable concentration (MPC)

Гидрологическое искусственное зарегулирование речного стока Низовья Волги (практически всей реки), не позволила сохранить естественный водный режим, так как весь водный сток данного участка Волги, расположенного в аридной зоне, формируется только за счет сбросов воды из ближайшего Волгоградского водохранилища.

Источниками загрязнения поверхностных вод Низовья Волги являются: речной транспорт, сельское хозяйство, сточные воды городов, поселков и

промышленных предприятий. Комплексное изучение водотоков поймы и верхней дельты началось с пуском Астраханского газового комплекса (АГК). Учитывая качество сырья (содержание H₂S до 35 %), кислых газовых выбросов, в состав которых входят и тяжелые металлы (ТМ) и сточных вод возникла необходимость выявления возможного дополнительного влияния АГК на качество поверхностных вод.

В общем балансе загрязнения водотоков преобладают высокие концентрации загрязняющих веществ (ЗВ) сформировавшиеся за пределами Астраханской области и привносимые транзитным стоком. С этим стоком поступают нефтепродукты, ТМ, фенолы, СПАВ, ксенобиотики, соединения азота и другие ЗВ [10].

Уникальные условия обитания гидробионтов Низовья Волги предъявляют особые требования к качеству вод и регламентируются ПДКр. х. Приоритетными ЗВ, поступающими в поверхностные воды, являются ТМ. Изучением и контролем за их содержанием в водоемах Низовья Волги занимались многие исследователи [1, 8, 10].

Комплексный мониторинг позволяет иметь достоверную и оперативную информацию об этом качестве, подверженном непрерывному антропогенному влиянию со стороны многих водопользователей. Наиболее полные исследования были выполнены в 1990–2010 гг. в водотоках, расположенных в районе АГК [3, 4, 6].

Пробы для анализа отбирались в течение года с учётом гидрологических особенностей. В фильтрованной воде после ее модификации раствором азотной кислоты определяли ТМ. Спектральный анализ проводили методом атомно-абсорбционной спектрометрии на металло-графитовом атомизаторе МГАМ-1. Многолетние данные за период 1986–2012 гг. по содержанию растворенных форм ТМ в речном стоке Низовья Волги свидетельствуют о незначительном их содержании в экосистеме. Обобщенные данные по временным периодам представлены в таблице 1.

Таблица 1

Средне-многолетний уровень содержания микроэлементов в воде водотоков Низовья Волги

Период	Элемент, мкг/дм ³								
	Cd	Pb	Cu	Zn	Fe	Co	Ni	Mn	∑* _{ТМ}
ПДК _{рыб.хоз.}	1,0	30,0	1,0	10,0	100,0	10,0	10,0	10,0	-
1986*	0,4	13,6	11,2	15,1	41,0	5,3	4,4	8,2	58,2
1987–1989	0,7	5,4	6,4	23,8	40,5	4,1	5,6	14,4	60,4
1990–1993	0,8	6,1	6,2	21,5	27,0	4,7	4,0	10,2	53,1
1994–1997	0,8	5,2	4,2	12,2	27,1	1,1	3,7	6,5	33,7
1998–2000	0,8	1,8	4,6	17,5	38,6	3,8	2,9	7,0	38,4
2001–2012	0,6	6,1	3,8	19,7	47,4	3,4	4,2	7,9	46,7
СМУ	0,2	3,0	7,0	20,0	-	-	2,5	7,0	42,7
Примечания									
1 * - Данные до пуска АГК; 2 СМУ – Среднемировой уровень; 3** – сумма без Fe									

Все металлы обладают токсичностью, но из них наибольшую угрозу водной среде в исследуемом регионе представляют: Hg, Cd, Pb и Al [3].

Ионы токсичных ТМ воздействуют на водную экосистему избирательно, что связано с поглощением металлов гидробионтами, накоплением и дальнейшей передачей их по трофическим цепям.

Устойчивость экосистемы к токсичному воздействию металлов определяется комплексообразующей способностью растворенного органического вещества в воде, благодаря которому существенно снижаются ингибирующие и токсичные свойства ТМ [7]. Содержание водорастворимых форм металлов в речных водах зависит от многих факторов, важнейшими из которых являются: величина рН, растворимость, наличие комплексообразователей. В 1995–1997 гг. отмечена тенденция к некоторому понижению концентрации металлов, как в воде исследуемого района, так и транзитном стоке, что, по-видимому, связано с общим промышленным спадом. В период 1998–2000 гг. фиксируется стабилизация уровня загрязнения ТМ, а в современном периоде (2001–2012 гг.) произошел незначительный рост содержания некоторых микроэлементов (Pb, Zn и Fe). Этот факт свидетельствует о поступательном возрождении промышленного и сельскохозяйственного потенциала Центральной России.

Содержание марганца и никеля в воде Низовья Волги практически находится на уровне ПДК. В 1998–2000 гг. в волжской воде концентрация марганца была на уровне среднемировых значений (7,0 мг/дм³). Содержание никеля в этом же периоде было также на уровне СМУ (2,9 и 2,5 мг/дм³ соответственно), а в завершающем периоде (2001–2012 гг.) – было выше средне-мировых значений (4,2 и 2,5 мг/дм³ соответственно), однако по другим источникам подобной информации уровни содержаний этих металлов остались практически неизменными.

Один из наиболее опасных ТМ – свинец, поступает в поверхностные воды в процессе растворения галенита и за счет выброса выхлопных газов [3]. Максимальное значение элемента в водотоках Низовья Волги отмечено в 1986 г. – 13,6 мкг/дм³, а в последующие годы концентрация Pb снизилась 2–3 раза. В настоящее время его концентрации стабилизировались на уровне 6,1 мг/дм³.

Кроме вышеназванных металлов, исследовалась динамика содержания алюминия и ртути. Наши наблюдения за характером изменения концентраций этих микроэлементов в водотоках, расположенных в зоне АГК и вне этой зоны, позволили установить, что содержание растворимых форм металлов подвержено значительным колебаниям. Из всех определяемых металлов только медь и ртуть практически постоянно превышали ПДК (цинк эпизодически). Средняя концентрация алюминия в проточных и малопроточных водотоках находилась на уровне ПДК, но межгодовая динамика имела тенденцию к незначительному увеличению за период с 1991 по 1993 гг. Концентрация никеля определялась ниже уровня ПДК, причём преобладающей формой миграции являлась растворённая форма, что подтверждается исследованиями ряда авторов [1, 8].

Ртуть поступает в водоёмы в результате выщелачивания пород, со сточными водами и атмосферными осадками. Примерно половина выбросов Hg в окружающую среду природного происхождения из-за дегазации земной коры, особенно в местах её разлома. По этой причине ртуть – микроэлемент, постоянно присутствующий в экосистеме [9].

На территории АГК так же, как и по всей Астраханской области, и как уже говорилось выше и за ее пределами, ртуть обнаруживалась во всех средах, в том числе и в поверхностных водах. Концентрация Hg во всех водотоках поймы изменялась в широком диапазоне: 0,01–0,42 мкг/дм³. При этом в водотоках, окаймляющих АГК, её максимальная концентрация фиксировалась до 0,37 мкг/дм³.

В таблице 2 представлены пределы изменения концентраций микроэлементов в воде водотоков, окаймляющих территорию АГК.

Таблица 2

**Пределы концентраций (min - max) микроэлементов в воде водотоков
Низовья Волги**

Год	Элемент, мкг/дм ³							
	Cd	Pb	Cu	Zn	Fe	Co	Ni	Mn
ПДК	1,0	30,0	1,0	10,0	100,0	10,0	10,0	10,0
1991	0,01-0,60	0,5-2,0	1,2-15,6	5,7-26,0	2,6-47,6	0,17-1,96	0,4-4,7	0,5-6,3
1992	0,07-2,80	0,5-6,9	1,4-6,6	6,1-65,6	2,5-312	0,18-6,80	1,0-4,2	4,4-72,4
1993	0,1-6,5	0,7-3,8	1,4-4,2	7,4-49,8	7,1-145,2	0,23-2,44	0,5-5,1	1,8-42,2
1998	0,2-1,6	0,2-5,7	0,6-3,7	0,6-107,0	7,9-160,0	0,23-2,9	1,0-13,5	0,4-76,7
2000	0,3-1,7	0,3-5,5	0,8-5,7	6,2-72,9	21,3-103	0,30-14,7	0,7-5,8	0,8-24,4
2012	0,1-0,8	0,5-5,9	0,7-4,3	7,1-54,2	18,0-120	4-5,3	0,6-7,9	1,3-38,9
**	0,01-6,5	0,2-6,9	0,6-15,6	0,6-107,0	2,5-160	0,18-14,7	0,4-13,5	0,4-76,7
Примечания * – Разовая концентрация; 2 ** - За весь период –2012 гг.; 3 «-» – Нет данных								

Необходимо отметить, что наибольшая разовая концентрация ртути (0,42 мкг/дм³) была обнаружена в начале девяностых годов на границе с Волгоградской областью (г. Ахтубинск) [1]. Такая картина распределения этого микроэлемента указывает на то, что транзитный сток имеет основное значение в загрязнении водных объектов Низовья Волги ртутью. Четкой зависимости в пространственном распределении Hg не выявлено.

Кадмий, как и ртуть, также представляет высокую опасность для окружающей среды, так как его соли чрезвычайно токсичны для гидробионтов [9]. Соединения кадмия входят в состав сырья, что не исключает возможность попадания этого элемента через атмосферу в водоемы. Исследования показали, что за все периоды работы содержание кадмия в воде водотоков района АГК было на уровне фона Низовья Волги и не превышало ПДК. Начиная с 1992 г., максимально разовые концентрации кадмия увеличились в 2–3 раза, но усредненные показатели остались на том же уровне. Максимальная концентрация цинка достигала 107 мкг/дм³ в воде водотоков исследуемого района. В то же время обнаружено его значительное содержание и в снежном покрове – 74–80 мкг/дм³. На основании этой информации можно предположить, что атмосферные осадки вносят большой вклад в загрязнение окружающей среды этим металлом [2, 5].

Прямое попадание солей металлов в водные объекты исключено по причине отсутствия сброса сточных вод АГК в природные водоемы.

Контроль содержания металлов в районе, охватывающем территорию от границ Волгоградской области до Астраханского заповедника, показал, что концентрации железа, меди, марганца, свинца, кадмия в воде водотоков, расположенных в районе АГК, ниже, чем в 200 км севернее этого предприятия.

Это связано с процессами самоочищения и отсутствием крупных источников антропогенного загрязнения на всем протяжении исследуемого участка реки.

Распределение элементов в районе исследования имеет сезонный характер с различной степенью выраженности в отдельные годы [1]. В основном, отмечаются два пика повышенных концентраций элементов – весенний и осенний.

В период весеннего паводка поступление металлов происходит за счет плоскостного и эрозионного смыва с водосбора, взмучивания донных отложений и размыва береговой линии. Осенний пик повышения концентраций металлов, возможно, связан с поступлением элементов из биоты. При рассмотрении сезонной динамики металлов на фоне производственной деятельности объектов, расположенных на территории АГК заметна однородность в закономерности их распределения в проточных и малопроточных водотоках. Кроме этого необходимо отметить и тот факт, что фиксируется подобная закономерность и в их межгодовой динамике.

Усредненные показатели концентраций элементов в воде на станциях наблюдений можно представить в виде рядов по убывающим величинам концентраций:

р. Волга (вододелитель)	Fe >	Zn >	Pb >	Mn >	Ni >	Cu >	Cd >	Hg
рук. Ахтуба (с. Сеитовка)	Fe >	Zn >	Pb >	Ni >	Mn >	Cu >	Cd >	Hg
пр. Берекет (п. Степное)	Fe >	Zn >	Pb >	Mn >	Cu >	Ni >	Cd >	Hg

Анализ представленных выше рядов показывает отсутствие существенного отличия в распределении элементов в транзитном стоке р. Волги и в проточных и малопроточных водотоках, окаймляющих территорию АГК. Таким образом, в целом, микроэлементный состав Низовья Волги характеризуется высокой степенью неоднородности. Причем, сезонная неоднородность ТМ связана, в основном, с гидрологическим режимом и атмосферными осадками. Пространственная изменчивость концентраций ТМ в поверхностных водах согласуется с влиянием транзитного стока и незначительным воздействием местных источников загрязнения.

Список литературы

1. Андрианов В. А. Геоэкологические аспекты деятельности Астраханского газового комплекса / В. А. Андрианов. – Астрахань : Издательство Астраханской государственной медицинской академии, 2002. – 243 с.
2. Андрианов В. А. Оценка воздействия Астраханского газового комплекса на качество воздушного бассейна Северо-Западного Прикаспия / В. А. Андрианов // Экологические системы и приборы. – Москва, 2001, № 3. – С. 23–25.
3. Андрианов В. А. Оценка качественного состояния ландшафтов Северного Прикаспия с использованием спектральных методов анализа / В. А. Андрианов, Е. Г. Булаткина, Г. И. Сокирко, В. А. Плакитин. – Астрахань : Астраханская цифровая типография (ИП Сорокин Р. В.), 2012. – 240 с.
4. Андрианов В. А. Поверхностные водотоки низовий р. Волги в условиях техногенеза / В. А. Андрианов, Е. Г. Булаткина, В. А. Плакитин, Г. И. Сокирко // Геология, география и глобальная энергия. – 2012. – № 1. (44). – С. 170–177.
5. Андрианов В. А. Снежный покров как индикатор загрязнения ландшафтов Северного Прикаспия / В. А. Андрианов, Е. Г. Булаткина, Г. И. Сокирко // Геология, география и глобальная энергия. – 2012. – № 1. (44). – С. 114–123.
6. Андрианов В. А. Состояние поверхностных вод района АГК / В. А. Андрианов, Г. И. Сокирко. – Вестник Кабардино-Балкарского университета. Серия Биологические

науки. – Вып. 6. – Нальчик : Издательство Кабардино-Балкарского университета, 2004. – С. 30–34.

7. Голубов Н. В. Тяжелые металлы в воде Цимлянского водохранилища / Н. В. Голубов // Водные ресурсы. – 1994. – Т. 21, № 2. – С. 176–181.

8. Патин С. А. Содержание и распределение загрязняющих веществ (тяжелых металлов, нефтепродуктов, фенолов, хлорорганических соединений) в Нижней Волге и дельте р. Волга / С. А. Патин // Обзор по материалам 1980–1989 гг.: отчет о НИР. – Москва, 1989. – 79 с.

9. Пурмаль А. П. Антропогенная токсикация планеты / А. П. Пурмаль // Химия. – 1998. – С. 39–51.

10. Серебрякова О. А. Геоэкологические свойства нефтей новых месторождений Каспийского моря / О. А. Серебрякова // Геология, география и глобальная энергия. – 2012. – № 3 (46). – С. 103–113.

11. Серебрякова О. А. Геоэкологические особенности освоения нефтей юго-восточного Прикаспия / О. А. Серебрякова // Геология, география и глобальная энергия. – 2012. – № 4 (47). – С. 34–40.

12. Серебрякова О. А. Органическое вещество подземных вод как наиболее эффективный критерий оценки нефтегазоносности Каспийского моря / О. А. Серебрякова, Т. С. Смирнова // Естественные и технические науки. – Москва, 2012. – № 3. – С. 86–93.

13. Серебрякова О. А. Формирование геологической модели и создание базы данных геологической и технологической информации / О. А. Серебрякова // Геология, география и глобальная энергия. – 2012. – № 4 (47). – С. 69–76.

14. Серебрякова О. А. Характеристика газов новых месторождений северной части Каспийского моря / О. А. Серебрякова // Газовая промышленность. – Москва, 2012. – № 4. – С. 45–52.

15. Чуйков Ю. С. Гидролого-гидробиологический режим нижней Волги / Ю. С. Чуйков, П. И. Бухарин, Л. А. Кисилева, В. А. Фильчаков, В. Н. Сапрыкин, Е. Н. Лабунская ; под общ. ред. Ю. С. Чуйкова // Экология Астраханской области. – Астрахань, 1996. – Вып. 4. – 253 с.

References

1. Andrianov V. A. *Geoekologicheskie aspekty deyatelnosti Astrakhanskogo gazovogo kompleksa* [Geo-ecological aspects of the Astrakhan gas complex], Astrakhan, Publisher Astrakhan State Medical Academy, 2002. 243 p.

2. Andrianov V. A. Otsenka vozdeystviya Astrakhanskogo gazovogo kompleksa na kachestvo vozdušnogo basseyna Severo-Zapadnogo Prikaspiya [Assessing the impact of the Astrakhan gas complex on the quality of the air basin-Caspian]. *Ekologicheskie sistemy i pribory* [Jekologicheskie sistemy i pribory], Moscow, no. 3, pp. 23–25.

3. Andrianov V. A., Bulatkina Ye. G., Sokirko G. I., Plakitin V. A. Otsenka kachestvennogo sostoyaniya landshaftov Severnogo Prikaspiya s ispolzovaniem spektralnykh metodov analiza [Evaluation of quality of landscapes of the North Caspian Sea using spectral analysis methods], Astrakhan, Astrakhan digital printing (IP Sorokin R.V.), 2012. 240 p.

4. Andrianov V. A., Bulatkina Ye. G., Plakitin V. A., Sokirk G. I. Poverkhnostnye vodotoki nizoviy r. Volgi v usloviyakh tekhnogeneza [Surface flows in the lower reaches of the Volga River technogenesis]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, geography and global energy], 2012, no. 1. (44), p. 170–177.

5. Andrianov V. A., Bulatkina Ye. G., Sokirko G. I. Snezhnyy pokrov kak indikator zagryazneniya landshaftov Severnogo Prikaspiya [Snow cover as an indicator of pollution landscapes of the northern Caspian] *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, geography and global energy], 2012, no. 1. (44), pp. 114–123.

6. Andrianov V. A., Sokirko G. I. Sostoyanie poverkhnostnykh vod rayona AGK [Status of surface water area AGK] *Vestnik Kabardino-Balkarskogo universiteta. Seriya*

Biologicheskie nauki [Bulletin of the University of Kabardino-Balkaria. Series of Biological Sciences], Nalchik, Publisher University of Kabardino-Balkaria, 2004, issue 6, pp. 30–34.

7. Golubov N. V. Tyazhelye metally v vode Tsimlyanskogo vodokhranilishcha [Heavy metals in the water reservoir Tsimlyansk]. *Vodnye resursy* [Water resources], 1994, vol. 21, no. 2, pp. 176–181.

8. Patin S. A. Soderzhanie i raspredelenie zagryaznyayushchikh veshchestv (tyazhelykh metallov, nefteproduktov, fenolov, khlororganicheskikh soedineniy) v Nizhney Volge i delte r. Volga [The content and distribution of contaminants (heavy metals, oil products, phenols, chlorinated organic compounds) in the Lower Volga and Volga Delta]. *Obzor po materialam 1980–1989 gg.* [Review of Materials 1980-1989], Moscow, 1989. – 79 p.

9. Purmal A. P. Antropogennaya toksikatsiya planety [Human-induced intoxication of the planet]. *Khimiya* [Chemistry], 1998, pp. 39–51.

10. Serebryakova O. A. Geoekologicheskie svoystva neftey novykh mestorozhdeniy Kaspiyskogo morya [Geological characteristics of new oil fields in the Caspian Sea]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2012, no. 3 (46), pp.103–113.

11. Serebryakova O.A. Geologicheskie osobennosti osvoeniya neftey yugo-vostochnogo Prikaspiya [Geological features of the development of petroleum southeastern Caspian]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2012, no. 4 (47), pp. 34–40.

12. Serebryakova O. A., Smirnova T. S. Organicheskoe veshchestvo podzemnykh vod kak naibolee effektivnyy kriteriy otsenki neftegazonosnosti Kaspiyskogo morya [Organic matter underground water as the most effective criterion of the Caspian Sea oil and gas]. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki* [Natural and Technical Sciences], Moscow, 2012, no. 3, pp. 86–93.

13. Serebryakova O. A. Formirovanie geologicheskoy modeli i sozdanie bazy dannykh geologicheskoy i tekhnologicheskoy informatsii [Formation of the geological model and database of geological and technological information]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2012, no. 4 (47), pp. 69–76.

14. Serebryakova O. A. Kharakteristika gazov novykh mestorozhdeniy severnoy chasti Kaspiyskogo morya [Characterization of new gas fields of the northern Caspian Sea]. *Gazovaya promyshlennost* [Gas industry], Moscow, 2012, no. 4, pp. 45–52.

15. Chuykov Yu. S., Bukharitsin P. I., Kisileva L. A., Filchakov V. A., Saprykin V. N., Labunskaya Ye. N.; Chuykova Yu. S. (ed.) *Gidrologo-gidrobiologicheskiy rezhim nizhney Volgi. Ekologiya Astrakhanskoy oblasti* [], Astrakhan, 1996, issue 4. 253 p.

ГЕНЕЗИС И СПЕЦИФИКА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ СУЛЬФАТ - И ГИДРОКАРБОНАТ-ИОНОВ В ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ НА СЕВЕРЕ РУССКОЙ РАВНИНЫ

Рысаева Ирина Анатольевна, соискатель

Казанский (Приволжский) федеральный университет
420043, Россия, г. Казань, ул. Вишневского, 10/175
E-mail: rysira85@mail.ru

В статье на базе пространственно-временного анализа изложены причины изменчивости рассматриваемых макрокомпонентов в химическом составе атмосферных осадков региона севера Русской равнины. Основываясь на использовании метода корреляционного анализа данных макрокомпонентов между метеостанциями европейского севера, осуществляется построение уравнений линейной регрессии для анализируемых анионов в атмосферных осадках региона.