

УДК 504.4.054(571.61)

DOI: 10.24411/1816-1863-2018-12021

ЭКОЛОГО-ХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАЛЫХ РЕК ГОРОДА БЛАГОВЕЩЕНСКА

Т. П. Платонова, к. х. н.,
доцент ГОАУ ДПО «Амурский областной
институт развития образования»,
platonova.t00@mail.ru,
А. П. Пакукина, д. х. н.,
профессор ФГБОУ ВО «Дальневосточный
государственный аграрный университет
(ДГАУ)», pakusina.a@yandex.ru,
К. С. Непрокина, аспирант ФГБОУ ВО
«ДГАУ», kolkova-kseniya@mail.ru,
Л. П. Панова, к. х. н., доцент ФГБОУ ВО
«Благовещенский государственный
педагогический университет»,
panovaljuda.71@mail.ru

Экология

Проведены гидрохимические исследования малых рек Бурхановка и Чигири, протекающих по территории г. Благовещенска. Установлено, что дефицит кислорода в воде создает неблагоприятные условия для самоочищения рек; высокое содержание аммонийного азота отражает ухудшение санитарного состояния рек и процесс загрязнения ливневыми стоками, а в устьях рек содержание соединений азота уменьшается. Пространственная динамика содержания соединений фосфора выражена в накоплении ортофосфатов к устью рек; высокое содержание ортофосфатов регистрируется регулярно независимо от сезона года, количество в воде полифосфатов фиксируется мозаично, что свидетельствует об антропогенном влиянии. Содержание цинка в воде 1,5–3 ПДК, в верховьях рек выше, чем в низовьях, в Бурхановке выше, чем в Чигири. Содержание в воде меди, свинца и кадмия не превышает ПДК. Высокие концентрации соединений азота, железа общего, цинка и меди в составе снегового покрова указывают на аэротехногенное загрязнение. Во время снеготаяния поллютанты, найденные в снеге, поступают в малые реки. Макрофиты в реке Бурхановка содержат высокую концентрацию марганца, цинка и свинца. Концентрации тяжелых металлов в макрофитах располагаются в ряд по убыванию $Fe > Mn > Zn > Cu > Pb > Ni > Cd$.

Conducted hydrochemical study of small rivers Burkhanivka and Chigiri, flowing through the territory of the city of Blagoveshchensk. Lack of oxygen in the water creates unfavorable conditions for self-purification of rivers. The high content of ammonium nitrogen reflects the deterioration of the sanitary condition of rivers and the process of pollution by storm water. At the mouths of rivers, its nitrogen content decreases. Spatial dynamics of the content of phosphorus, expressed in the accumulation of orthophosphate to the mouth of the rivers. The high content of orthophosphates is recorded regularly regardless of the season, the amount of polyphosphates in the water is fixed mosaic, indicating the anthropogenic influence. The zinc content in water of 1.5–3 MPC, in the upper reaches of the rivers are higher than in the lower reaches, in Burkhanivka is higher than in Chigiri. The content in water of copper, lead and cadmium does not exceed the MPC. High concentrations of nitrogen compounds, iron, zinc and copper in the composition of the snow cover indicate technogenic air pollution. During the snowmelt, pollutants found in the snow enter the small rivers. Macrophytes in the river Burkhanivka contain a high concentration of manganese, zinc and lead. Concentrations of heavy metals in macrophytes are arranged in a series in descending order $Fe > Mn > Zn > Cu > Pb > Ni > Cd$.

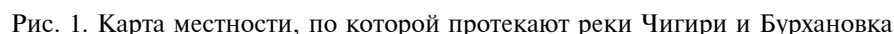
Ключевые слова: малая река, биогенные элементы, макрофиты, тяжелые металлы.

Key words: a small river, biogenic elements, macrophytes, heavy metals.

Малые реки играют огромную роль в экологическом балансе территории, по которой протекают. Они определяют гидрологическую и гидрохимическую специфику крупных рек, выполняют функции регулятора водного режима ландшафтов. Протекая по территории города, малые реки, с одной стороны, несут ресурсный потенциал с точки зрения обустройства зе-

ленных зон и парков, с другой стороны, могут стать источником проблем.

Проблема деградации малых рек в условиях урбанизированных территорий является актуальной во всем мире. Поэтому изучение их состояния имеет большое значение для защиты от загрязнения, в последствии возможности восстановления и рекреационного использования.



ресыхает (река с «умирающим» стоком). После ливней сток возрастает почти в 15 раз. Постоянный водоток и русло появляются на северо-западе окраины города, где расположены Асташинские озера, которые в настоящее время активно засыпаются, в этой части города интенсивно развивается промышленная зона. Часть реки (примерно 800 м) спрятана в трубу [2].

Верхнее течение реки Бурхановки преобразовано так, что часть воды поступает по водотоку в Чигиринское водохранилище. Большая часть русла реки Бурхановка спрямлена. Берега обеих рек замусориваются, дно подвержено заилению, в реки сбрасываются ливневые сточные воды. Очистку берегов от мусора проводят волонтеры. Зейская ГЭС стабилизировала уровень реки Зея, что снизило способность ее притоков к самоочищению. В период катастрофических паводков (1928, 1958, 1963 и 2013 гг.) Бурхановка затапливала улицы и кварталы города [2, 3].

Особую актуальность приобретают публикации, посвященные изучению экологического состояния атмосферного воздуха в городской среде по химическому и микробиологическому составу снега [4–6], по количественному и качественному составу взвесей из снега [7].

Отбор проб воды проводили согласно ГОСТ 31861—2012 «Вода. Общие требования к отбору проб». Определение гидрохимических показателей проводили согласно ПНД Ф. Измерения выполнены на цифровом спектрофотометре PD-303S (Япония, фирма Arpel). Активную реакцию воды pH и удельную электропроводность измеряли на кондуктометре Анион 4100 (г. Новосибирск, Инфраспек-Аналит). Массовую концентрацию тяжелых металлов определяли на спектрометре «Квант-З.ЭТА» методом атомной абсорбции с прямой электротермической атомизацией проб в воде [8]. Статистическую, графическую обработку результатов и анализов исследований выполняли с использованием пакета программ «MS Excel».

Пробы отбирали в 4 точки: станция 1 — на пляже водохранилища Чигири, станция 2 — возле моста по улице Чайковского в 50 м перед впадением реки Чигири в Зею, станция 3 — на реке Бурхановка в районе улицы Пролетарская, верхнее течение и станция 4 — возле моста по улице Кузнечная, нижнее течение, 30 м до впадения в реку Зея в период 2013—2017 гг. в первой декаде мая, в июле и третьей декаде сентября, что соответствует гидрологическим временам года — весне, лету и осени. Макрофиты отбирали на р. Бурхановка (станция 4) в сентябре 2017 г. Пробы снега отбирали в марте. Снег после таяния фильтровали и анализировали в зависимости от определяемого компонента титриметрическим, фотометрическим, кондуктометрическим методами.

Температура воды в реках соответствовала климатической норме. Однако

разница температур в воде водохранилища и низовья реки Чигири может достигать 2—2,5 °С. Весной это обусловлено более поздним таянием льда в водохранилище, чем в реке, а летом, наоборот, вода в низовье реки прохладнее, чем в водохранилище. Низовье реки покрыто прибрежной растительностью, поэтому вода водохранилища прогревалась больше. Температура воды в реке Бурхановка выше на 2—3 °С, чем в реке Чигири.

Кислотно-основные свойства (pH) речных вод изменялись от слабокислых до щелочных. Среднее значение составило 7,2, при интервале колебания от 6,65 до 8,07. Низкие значения pH (6,65—6,8) отмечены в июле 2017 г. Цветность воды менялась в широких пределах, что обусловлено присутствием и аллохтонным привнесением с территории водосбора водорастворимых гумусовых соединений. Значения цветности (Cr—Co) воды летом и осенью были от 170 до 415°. Удельная электропроводность воды реки Бурхановка составляла 261—337 мкСм/см, реки Чигири — 118—125 мкСм/см.

Обобщенными показателями качества воды являются содержание растворенного кислорода и насыщаемость воды кислородом, содержание органического вещества (ОВ), которое оценивается по величине перманганатной окисляемости (ПО) и биохимическому потреблению кислорода за пять суток (БПК₅) (табл. 1).

Абсолютные показатели растворенного кислорода в воде рек варьировали от 4,2 до 12,2 мг О₂/дм³. Дефицит кислорода в воде реки Бурхановка наблюдался весь период исследований. Количество раство-

Таблица 1
Обобщенные показатели качества воды рек, 2014—2017 гг.
(числитель — пределы изменения, знаменатель — среднее значение)

Пункт отбора (станция)		Растворенный кислород, мг/л	Насыщаемость кислородом, %	БПК ₅ , мгО ₂ /л	Перманганатная окисляемость, мгО/л
Река Чигири	1	$\frac{4,7-11,8}{7,2}$	$\frac{72,5-98}{87,1}$	$\frac{2,3-3,6}{3,0}$	$\frac{4,6-10,0}{8,4}$
	2	$\frac{6,9-12,2}{8,5}$	$\frac{59-97,8}{77}$	$\frac{1,9-4,3}{3,45}$	$\frac{5,3-8,4}{6,7}$
Река Бурхановка	3	$\frac{4,2-10,2}{6,7}$	$\frac{39,0-87,3}{62,4}$	$\frac{2,2-2,6}{2,35}$	$\frac{4,6-9,6}{7,4}$
	4	$\frac{5,3-7,3}{6,0}$	$\frac{47,1-67,6}{58,5}$	$\frac{0,8-2,4}{1,3}$	$\frac{2,9-9,6}{6,0}$

ренного кислорода уменьшалось от верхний к устью рек, что обусловлено расходом кислорода на окислительные процессы самоочищения.

Перманганатная окисляемость (ПО) воды рек изменялась от 2,9 до 10 мг O_2 /л, что свидетельствует о наличии планктонного гумуса и креновых кислот. Четко прослеживается сезонная закономерность — более высокое содержание органических веществ осенью, что обусловлено в первую очередь отмиранием фитопланктона, а также аллохтонным поступлением с дождевым стоком с территории водосбора, наименьшее — в мае.

Характерна обратная пространственная динамика: уменьшение органического вещества к устью реки Бурхановка, для реки Чигири — накопление органического вещества в водохранилище. БПК₅ является интегральным показателем наличия в воде легкоокисляемых органических веществ. Для исследованных водотоков величины БПК₅ изменялись в пределах от 0,8 до 4,3 мг O_2 /дм³. Сезонная динамика прослеживалась в показателях БПК₅: наибольшее значение — в июле, что обусловлено физиологической активностью фитопланктона. Содержание легкоокисляемых соединений выше в реке Чигири. В реках наблюдаются дистрофные явления: низкое содержание растворенного кислорода при относительно невысоких показателях ПО и БПК₅. Показатели ПО и БПК₅ ниже, чем до наводнения 2013 г., в период исследований с 2009 г. [3].

Содержание биогенных элементов, таких как фосфор и азот, определяется сезонной динамикой, повышенные значения которых отмечаются в паводки и половодье, а минимальные — в межень. Приоритетной формой азота в водах рек является аммонийная. Содержание аммонийного азота было высокое в 2013 г. после наводнения в Бурхановке до 0,83 мг $N-NH_4$ /л, в Чигири 1,15 мг $N-NH_4$ /л и 2014 г., когда на Бурхановке были проведены работы по дноуглублению (3,99 мг $N-NH_4$ /л), в реке Чигири до 1,92 мг $N-NH_4$ /л.

В период с 2015 по 2017 г. содержание аммонийного азота ниже и составляло от 0,21 до 0,98 мг $N-NH_4$ /л, что является превышением санитарно-токсикологического порога. Высокое содержание аммонийного азота отражает ухудшение са-

нитарного состояния рек и процесс загрязнения ливневыми стоками. Соединения нитритного азота присутствовали в небольших количествах (содержание 0,0—0,03 мг $N-NO_2$ /л). Увеличение содержания нитратной формы азота в водах рек до 0,3 мг $N-NO_3$ /л является следствием антропогенного и техногенного загрязнения. В устьях рек содержание соединений азота уменьшается.

Пространственная динамика содержания соединений фосфора выражена в накоплении ортофосфатов к устью рек. Высокое содержание ортофосфатов (0,13—0,38 мг/л) регистрировалось регулярно независимо от сезона года. Полифосфаты (до 0,15 мг/л) присутствовали мозаично и свидетельствовали об антропогенном влиянии. По содержанию соединений фосфора осенью воды малых рек г. Благовещенска являются гипертрофными.

Содержание общего железа в воде рек Бурхановка составляло 2—3 ПДК, в Чигири — 6—8 ПДК. В верхнем течении реки Бурхановка концентрация в воде общего железа выше, чем в нижнем течении. Для реки Чигири, наоборот, содержание соединений железа выше в низовьях реки, где имеет место выход на поверхность подземных ключей, чем в водохранилище.

Высокие концентрации марганца, как наиболее подвижного элемента по отношению к железу, наблюдались при одновременно повышенном содержании последнего в воде рек. Значительные количества марганца могли поступать при отмирании водной растительности осенью. Высокое содержание марганца в воде рек (ПДК 0,1 мг/дм³) обусловлено природными особенностями ландшафта. Содержание марганца в воде реки Бурхановка (0,31—0,38 мг/дм³) ниже, чем в реке Чигири (0,38—0,45 мг/дм³). В период наводнения 2013 г. вследствие вымывания марганца из поверхностных слоев почв его содержание было в 3—4 раза выше.

В верховьях рек концентрация в воде цинка была выше, чем в нижнем течении. В Бурхановке содержание цинка выше, чем в Чигири (табл. 2).

Содержание меди в период паводка 2013 г. не превышало ПДК, однако, в воде Бурхановки наблюдалось от 261,20 до 712,35 мкг/дм³, в воде реки Чигири от 218,4 до 749,7 мкг/дм³. Концентрация

меди увеличивалась к устью рек. В период наблюдений с 2014 по 2017 г. концентрация меди снизилась до значений 2,2–7,2 мкг/дм³, пространственной и сезонной зависимости не отмечено.

Соединения свинца и кадмия токсичны, поскольку накапливаются в тканях организмов, а при их отмирании снова могут поступать в воду и донные осадки. В период наводнения 2013 г. свинец обнаружен в воде реки Бурхановка на уровне ПДК, и его концентрация в воде составляла от 9,76 до 10,21 мкг/дм³, тогда как в реке Чигири отмечено 12–20 ПДК (от 121,9 до 201,8 мкг/дм³). Согласно данных табл. 2, за период 2014–2017 гг. содержание свинца не превышало ПДК. Содержание кадмия в воде рек не превышало ПДК и составляло от 0,04 до 0,24 мкг/дм³. Пространственной и сезонной динамики содержания кадмия и свинца не отмечено.

Концентратором химических элементов зимой является снег. Аккумулируя элементы из атмосферного воздуха, снег отражает состав загрязнителей окружаю-

щей среды города. Во время снеготаяния поллютанты, найденные в снеге, поступают в малые реки. Пробы снега отбирали в марте. Снег после таяния фильтровали. Взвесь от массы снега составила 0,24 %. Источниками аэротехногенного загрязнения в г. Благовещенске являются ТЭЦ, предприятия ЖКХ, автомобильный и железнодорожный транспорт.

Снег имел нейтральную рН (7,28). Удельная электропроводность снега составляла 140 мкСм/см, что указывает на малую минерализацию. Достаточно высокое значение перманганатной окисляемости указывает на загрязнение снега органическими веществами, которые присутствуют в атмосфере города, как продукты сжигания угля на ТЭЦ и котельных и выбросы вредных веществ от автомобилей. В снеге обнаружены высокие концентрации соединений азота, железа общего, цинка и меди. Концентрация свинца и кадмия в снеге была невысокая. Состав снегового покрова указывает на аэротехногенное загрязнение малых рек г. Благовещенска (табл. 3).

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в воде рек, 2014–2017 годы
(числитель — пределы изменения, знаменатель — среднее значение)

Пункт отбора		Zn, мкг/дм ³	Cu, мкг/дм ³	Pb, мкг/дм ³	Cd, мкг/дм ³
Река Чигири	Станция 1	$\frac{1380-2801}{2301}$	$\frac{2,2-7,24}{3,5}$	$\frac{2,3-3,6}{3,0}$	$\frac{0,04-0,14}{0,075}$
	Станция 2	$\frac{1296-2502}{1808}$	$\frac{2,2-3,2}{2,8}$	$\frac{0,88-2,26}{1,38}$	$\frac{0,05-0,11}{0,07}$
Река Бурхановка	Станция 3	$\frac{2043-3067}{2555}$	$\frac{3,3-5,1}{4,1}$	$\frac{1,55-2,88}{2,59}$	$\frac{0,06-0,13}{0,08}$
	Станция 4	$\frac{2402-2621}{2513}$	$\frac{3,2-5,4}{4,9}$	$\frac{1,12-1,8}{1,67}$	$\frac{0,06-0,24}{0,13}$
ПДК		1000	1000	10	1

Таблица 3

Результаты химических анализов проб снега, отобранных вблизи реки Бурхановка в г. Благовещенск (пересечение улиц Кузнечная и Горького)

Цветность, °	Удельная электропроводность, мкСм/см	ПО, мгО/см	Аммонийный азот, N-NH ₄ /л	Нитритный азот, N-NO ₂ /л	Нитратный азот, N-NO ₃ /л
86	140	11,3	1,09	0,258	6,93
Fe _{общ} , мг/л	Сульфаты, мг/л	Zn, мкг/л	Cu, мкг/л	Cd, мкг/л	Pb, мкг/л
0,27	20	1861	16,95	0,16	0,88

Таблица 4

Содержание тяжелых металлов в макрофитах реки Бурхановка

	Cu, мг/кг	Fe, мг/кг	Ni, мг/кг	Cd, мг/кг	Pb, мг/кг	Zn, мг/кг	Mn, мг/кг
Многокоренник обыкновенный <i>Spirodela polyrhiza</i> (L.) <i>Schleid.</i>	31,4	4086	3,9	0,3	16,3	209,5	1950
Белокрыльник болотный <i>Calla palustris</i> L.	15,9	3611	2,5	0,1	13,7	151,0	3157

В настоящее время активно изучается накопление тяжелых металлов растениями, в частности хвоей сосны, в урбоэкосистеме города Благовещенска [9]. В нашей работе определены концентрации тяжелых металлов в макрофитах реки Бурхановка на примере многокоренника обыкновенного *Spirodela polyrhiza* (L.) *Schleid.* и белокрыльника болотного *Calla palustris* L. (табл. 4).

Концентрации тяжелых металлов в макрофитах реки Бурхановка располагаются в ряд по убыванию $Fe > Mn > Zn > Cu > Pb > Ni > Cd$. В макрофитах реки Бурхановка содержатся высокие концентрации марганца, цинка и свинца.

Заключение

Формирование химического состава воды малых рек в пределах города Благовещенска определяется деятельностью человека. Изменение гидрологического режима, трансформация природного ландшафта, загрязненность мусором, сброс ливневых сточных вод является основной причиной загрязнения рек и способствует их деградации. Дефицит кислорода в воде создает неблагоприятные условия для са-

моочищения рек. Высокое содержание аммонийного азота отражает ухудшение санитарного состояния рек и процесс загрязнения ливневыми стоками. Высокое содержание ортофосфатов регистрируется регулярно независимо от сезона года, тогда как присутствие полифосфатов фиксируется мозаично, что свидетельствует об антропогенном влиянии.

Содержание цинка в воде 1,5–3 ПДК, в верховьях рек выше, чем в низовьях, в Бурхановке выше, чем в Чигири. Содержание меди, свинца и кадмия не превышает ПДК. Пространственной и сезонной динамики не отмечено.

Высокие концентрации соединений азота, железа общего, цинка и меди в составе снегового покрова указывают на аэротехногенное загрязнение. Во время снеготаяния поллютанты, найденные в снеге, поступают в малые реки.

Концентрации тяжелых металлов в макрофитах располагаются в ряд по убыванию $Fe > Mn > Zn > Cu > Pb > Ni > Cd$. В макрофитах реки Бурхановка содержатся высокие концентрации марганца, цинка и свинца.

Библиографический список

1. Груздев Г. А. Рельефообразующие процессы в долинах малых рек юга Амурской области. — Благовещенск: Изд-во БГПУ, 1996. — 114 с.
2. Кортаев Г. В. Благовещенск: Природа и экология. — Благовещенск: Изд-во БГПИ, 1994. — 135 с.
3. Платонова Т. П., Пакулина А. П. Трансформация малых рек урбанизированных территорий (на примере города Благовещенска) // Проблемы региональной экологии. — 2015. — № 2. — С. 25–31.
4. Куимова Н. Г., Радомская В. И., Павлова Л. М., Жилин О. В., Радомский С. М., Березина О. В. Особенности химического и микробиологического состава снегового покрова г. Благовещенска // Экология и промышленность России. — 2007. — № 2. — С. 30–33.
5. Радомская В. И., Юсупов Д. В., Павлова Л. М. Макрокомпонентный состав снежного покрова г. Благовещенска // Вода: химия и экология. — 2014. — № 8. — С. 95–103.
6. Павлова Л. М., Радомская В. И., Юсупов Д. В., Лукичев А. А. Уран и торий в пылевых аэрозолях на трансграничной (Россия-Китай) урбанизированной территории // Экология урбанизированных территорий. — 2014. — № 2. — С. 102–108.

7. Голохваст К. С., Чапленко Т. Н., Никифоров П. А., Чайка В. В., Памирский И. Э., Христофорова Н. К., Гульков А. Н. Гранулометрический анализ атмосферных взвесей города Благовещенска // Экология человека. — 2013. — № 7. — С. 34–39.
8. РД 52.24.377—2008 Массовая концентрация алюминия, бериллия, ванадия, железа, кадмия, кобальта, марганца, меди, молибдена, никеля, свинца, серебра, хрома и цинка в водах. Методика выполнения измерений методом атомной адсорбции с прямой электротермической атомизацией проб / Ростов-на-Дону. — 2008. — 29 с.
9. Бородина Н. А. Аккумуляция тяжелых металлов хвоей сосны в урбоэкосистеме города Благовещенска // Известия Самарского научного центра РАН. — 2012. — Т. 14. — № 1 (8). — С. 1958–1962.

ECOLOGICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF SMALL RIVERS OF THE CITY OF BLAGOVESHCHENSK

T. P. Platonova, *Cand. of Chem. Sc., Associate Professor, Head of the Department at the GAU DPO "Amur Regional Institute of Education Development"*,
platonova.t00@mail.ru,

A. P. Pakusina, *D. of Chem. Sc., Associate Professor at the FSBOU VO "Far Eastern Agrarian University"*, pakusina.a@yandex.ru,

K. S. Neprokina, *Graduate Student at the FSBOU VO "Far Eastern Agrarian University"*,
kolkova-kseniya@mail.ru,

L. P. Panova, *Cand. of Chem. Sc., Associate Professor at the FSBOU VO "Blagoveshchensk State Pedagogical University"*, panovaljuda.71@mail.ru

References

1. Gruzdev G. A. The Relief-forming processes in the valleys of small rivers in the south of the Amur Region. — Blagoveshchensk: Publishing House BSPI, 1996. — 114 p.
2. Korotaev G. V. Blagoveshchensk: Nature and Ecology. — Blagoveshchensk: Publishing House BSPI, 1994. Publishing House 125 p.
3. Platonova T. P., Pakusina A. P. The Transformation of Small Rivers in the Urbanized Areas: a Case Study of the City of Blagoveshchensk // Regional environmental issues. — 2015. — № 2. — P. 25–31.
4. Kuimova N. G., Radomskaya V. I., Pavlova L. M., Zhilin O. V., Radomski S. M., Berezina O. V. Features Chemical and Microbiological Composition of Snow Cover in Blagoveshchensk // Ecology and industry of Russia. — 2007. — № 2. — P. 30–33.
5. Radomskaya V. I., Yusupov D. V., Pavlova L. M. Macrocomponent Composition of Snow Cover in Blagoveshchensk // Water: chemistry and ecology. — 2014. — № 8. — P. 95–103.
6. Pavlova L. M., Radomskaya V. I., Yusupov D. V., Lukichev A. A. Uranium and Thorium in the Dust Aerosols on the Cross-border (Russia-China) Urban Areas // Ecology of Urban Areas. — 2014. — № 2. — P. 102–108.
7. Golokhvast K. S., Chaplenko T. N., Nikiforov P. A., Chaika V. V., Pamiirskii I. E., Khristoforova N. K., Gulkov A. N. Granulometric Analysis of Atmospheric Suspensions of Blagoveshchensk City // Human Ecology. — 2013. — № 7. — P. 34–39.
8. RD 52.24.377—2008. Mass Concentration of Aluminum, Beryllium, Vanadium, Iron, Cadmium, Cobalt, Manganese, Copper, Molybdenum, Nickel, Lead, Silver, Chromium and Zinc in the Water. Methods of Measurement by Atomic Adsorption with a Direct Electro-thermal Atomization of Samples.
9. Borodina N. A. The Accumulation of Heavy Metals by Pine Needles in the Urban Ecosystem of the City of Blagoveshchensk // Proceedings of the Samara Scientific Center of RAS. — 2012. — Vol. 14. — № 1 (8). — P. 1958–1962.