



ISSN 2305-3488

ВОДА и ЭКОЛОГИЯ

ПРОБЛЕМЫ и РЕШЕНИЯ

WATER & ECOLOGY

3` 2015(63)


Учредитель и издатель:

ЗАО «Водопроект» -
Гипрокоммунводоканал.
Санкт-Петербург»

Подписной индекс 83036

Агентство РОСПЕЧАТЬ

Подписной индекс 42968

Объединенный каталог

Тираж 1000 экз.

Цена свободная

Адрес издателя,

учредителя, редакции:

198096, Санкт-Петербург,
Кронштадтская ул., 8
тел.: 783-16-33, 783-32-86
факс: 783-32-37
magazine@waterandecology.ru
www.wemag.ru

Регистрационное свидетельство

ПИ №77-1681 от 15.02.2000 г.

выдано министерством РФ по
делам печати, телерадиовещания
и средств массовых коммуникаций
Иваненко И. И. – Главный редактор

Редакционная коллегия:

Алексеев М. И. - Председатель
научно-технической редколлегии
Данилович Д. А.
Дзюпак Ю. С.
Дрозд Г. Я.
Залетова Н. А.
Касымбеков Ж. К.
Неверова-Дзюпак Е. В.
Петров Д. А.
Пирумян Г. П.
Протасовский Е. М.
Раганович А. Я.
Сальстедт К. Э.
Смирнов А. Д.
Феофанов Ю. А.
Цветкова Л. И.

Отпечатано в

ООО «БОРВИК ПОЛИГРАФИЯ»
191119, СПб, Социалистическая ул.,
д. 5, пом. 16

Включен в РИНЦ,
Ulrich's Periodicals Directory, Scopus

Содержание

ТЕМА ДНЯ. МНЕНИЕ

Р. Р. Михайленко, Л. И. Цветкова, Г. И. Копина.
К вопросу управления экологическим состоянием
водных объектов с помощью гидротехнических
сооружений3

ВОДОСНАБЖЕНИЕ

В. Я. Кобылянский, С. Л. Василенко.
Комплексная оценка качества питьевой воды
в водопроводной сети города20

Т. А. Донцова, И. М. Астрелин, Ю. Н. Феденко.
Закономерности сорбции катионов из воды нано-
композитом на основе активированного угля.....29

ВОДООТВЕДЕНИЕ

Ю. А. Ермолин, М. И. Алексеев. Оперативное
управление напорно-самотечной системой
водоотведения крупного города: потенциальные
возможности и техническая реализуемость39

Е. Л. Дан, Э. О. Бутенко, А. Е. Капустин.
Нейтрализация сероводорода из промышленных
сточных вод методом окисления49

ЭКОЛОГИЯ

А. А. Евдокимов, В. В. Кисс. Определение
размеров капель углеводородов в воде50

М. А. Пашкевич, А. В. Алексеенко, Е. В. Власова.
Биогеохимическая и геоботаническая оценка
состояния морских экосистем
(г. Новороссийск)67



Перепечатка материалов разрешена только с письменного
разрешения редакции

За содержание рекламных материалов редакция ответственности не несет



М. А. Пашкевич, А. В. Алексеенко, Е. В. Власова

БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ И ГЕОБОТАНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ МОРСКИХ ЭКОСИСТЕМ (Г. НОВОРОССИЙСК)

Pashkevich M. A., Alekseenko A. V., Vlasova E. V.

BIOGEOCHEMICAL AND GEOBOTANICAL ASSESSMENT OF MARINE ECOSYSTEMS CONDITIONS (NOVOROSSIYSK CITY)

Цемеская (Новороссийская) бухта является крупнейшей на Черноморском побережье Кавказа. Расположенный на берегах бухты Новороссийск — город с населением более 300 тыс. жителей. Здесь находится важнейший торговый порт юга России и разрабатывается месторождение мергеля, на основе которого действует крупнейший центр цементной промышленности. Производство цемента является важнейшим источником загрязнения территории города и прилегающей акватории. Биогеохимическое исследование 150 проб водорослей выявило участки акватории с неблагоприятной экологической обстановкой. В их пределах происходит интенсивная аккумуляция тяжелых металлов водорослями. Наиболее загрязненными по результатам геоботанических исследований может быть признана внутренняя часть бухты. Аквальные ландшафты на этом участке испытывают наибольшее воздействие осаждаемых из воздуха поллютантов, поступающих с водным стоком. Участки в пределах акватории Цемеской бухты, которые можно характеризовать, как «условно чистые» — западная и восточная оконечность бухты, находящиеся в зонах влияния биогенных ландшафтов суши, однако и на этих участках прослеживается воздействие выбросов цементного завода и иных промышленных предприятий. Наиболее высокие содержания большинства рассмотренных элементов отмечены в пробах, характеризующих центральную часть бухты и акваторию пос. Алексино, наименьшие характерны для проб, отобранных в зонах влияния биогенных ландшафтов лесов. Эти данные биогеохимического мониторинга подтверждают геоботаническую характеристику морских эко-

The largest bay on the Black Sea coast of the Caucasus is Tsemes bay. Novorossiysk city with a population of more than 300 thousand inhabitants is located on the shores of the bay. The most important commercial port of southern Russia is located here. The largest centre of the cement industry operates here on the basis of the developed marl deposit. Cement production is a major source of pollution in the city and the surrounding area. Biogeochemical study of 150 samples of algae revealed the water areas with adverse environmental conditions. Intense accumulation of heavy metals by algae occurs within these areas. Ten years of biogeochemical monitoring showed the general trend of increasing contents of pollutants in algae. Geobotanical study allowed to reveal the most contaminated sites within the waters of Tsemes bay, where the disappearance of most of the species of algae was noted.



систем и выделение наиболее подверженных техногенному воздействию участков. Десятилетний биогеохимический мониторинг (1999–2009 гг.) выявил общую тенденцию к уменьшению средних содержаний большинства рассмотренных элементов в период до 2004 года и возрастание содержаний в 2009 г. При наличии общей тенденции, изменения средних содержаний каждого элемента имеет свои особенности. При этом наиболее низкие средние содержания элементов в пределах акватории города постоянно остаются на уровне, превышающем содержания, характерные для водорослей в зонах влияния биогенных лесных ландшафтов.

Ключевые слова

Чёрное море; экологическая геохимия; макрофиты; водоросли; фитоиндикация; тяжелые металлы.

Наши авторы:

Сотрудники Национального минерально-сырьевого университета «Горный», 199106, г. Санкт-Петербург, В.О., 21 линия, 2.

Пашкевич М. А. — д.т.н., проф., зав. каф. Геоэкологии, тел.: +7 (812) 996-01-35, e-mail: mpash@spmi.ru;

Алексеенко А. В. — аспирант каф. Геоэкологии, тел.: +7 (905) 262-19-21, e-mail: al.vl.alekseenko@gmail.com;

Власова Е. В. — инженер-проектировщик, Лаборатория мониторинга биосферы, Южный федеральный университет, 353918, г. Новороссийск, пр-т Ленина, д. 54. Тел.: +7 (909) 445-31-41, e-mail: vlasovaelena1@rambler.ru.

Цемесская бухта, протянувшаяся в северо-западном направлении на 16 км при ширине в средней части до 4,5 км — самая большая на Черноморском побережье Кавказа. Цемесская бухта, известная также как Суджукская и Новороссийская, с прилегающей к ней частью открытого моря издавна известна как один из важных рыбопромысловых районов Черноморского побережья. Расположенный на берегах бухты Новороссийск — город с населением более 300 тыс. жителей. Здесь находится важнейший торговый порт юга России и разрабатывается одно из крупнейших в мире месторождений мергеля. Производство портландцемента из добываемого мергеля постоянно увеличивается (Промпредприятия..., 2015). Число туристов и экскурсантов, посетивших город в 2012 г. составило более 1 000 000 чел. Это позволяет считать г. Новороссийск не только промышленным, но и курортным центром Черноморского побережья России и подчеркивает особую важность мониторинга экологической обстановки в аквальных ландшафтах.

Keywords

Black sea; environmental geochemistry; macrophytes; algae; phytoindication; heavy metals.

Authors:

Staff members of National Mineral Resources University (Mining University), 199106, Saint-Petersburg, 21 Line, 2.

Pashkevich M. A. — doctor of technical sciences, professor, head of the Department of Geoecology, tel.: +7 (812) 996-01-35, e-mail: mpash@spmi.ru;

Alekseenko A. V. — postgraduate student of the Department of Geoecology, tel.: +7 (905) 262-19-21, e-mail: al.vl.alekseenko@gmail.com;

Vlasova E. V. — design engineer, laboratory of biosphere monitoring, Southern Federal University, 353918, Novorossiysk, Lenina prospect, 54, tel.: +7 (909) 445-31-41, e-mail: vlasovaelena1@rambler.ru.

На миграцию и концентрацию химических элементов в рассматриваемом регионе оказывают существенное влияние его климатические особенности (Danilov et al., 2015). Поступление загрязняющих веществ с суши на море происходит круглогодично, т.к. Цемесская бухта является незамерзающей. Размываемые берега представлены осадочными карбонатно-терригенными породами.

По геоморфологическим особенностям, определяющим механическую миграцию элементов, подавляющая протяженность берегов представляет собой зоны их интенсивного размыва. Образующийся в результате этого процесса материал выносится за пределы прибрежных аквальных ландшафтов (Алексеев и др., 2012). Именно эта особенность акватории с интенсивным перемешиванием вод делает в регионе затрудненной традиционную эколого-геохимическую оценку состояния аквальных ландшафтов, заключающуюся в анализе вод и илов.

Методы и материалы

Общие сведения о водорослях региона

Нижней границей распространения водорослей в условиях изучаемого региона считается глубина около 50 м. За последние 40 лет в состоянии макрофитобентоса исследованного сектора Черного моря произошли существенные изменения: нижние границы распространения части наиболее глубоководных видов поднялись с 30–40 м и даже 80 м до 12–20 м (Симакова, 2009). В прибрежной зоне в силу различных факторов создается особый режим, который резко отличается от гидрологического режима центральной части Черного моря. На особенности этого режима оказывают влияние и пресные воды берегового стока (уменьшение солености) и большое количество взвесей (нарушение прозрачности), и резкие колебания температуры воды. Именно в этой зоне (на глубинах до 50 м) произрастает подавляющее большинство водной растительности.

По отношению к органическому загрязнению моря водоросли разделяются на три основные группы: полисапробные (виды, встречающиеся в сильнозагрязненных районах), мезосапробные (виды районов со средней степенью загрязнения вод), олигосапробные (водоросли чистых и открытых районов моря).

Наиболее чувствительными к изменению химического состава окружающей среды являются зеленые и бурые водоросли, причем, к техногенной нагрузке они относятся по-разному. По мере возрастания степени загрязнения воды наблюдается тенденция к увеличению количества видов зеленых водорослей. Среди них есть виды, которые предпочитают очень загрязненные места и могут расти даже в канализационных трубах. Лимитирующим фактором для этих видов является освещенность. К таким видам относится полисапробная водоросль энтероморфа (*Enteromorpha intestinalis*).

Бурые водоросли очень плохо переносят загрязнение. Меньше всего их в затишных бухтах и у стоков различного происхождения. Максимальное их число отмечено на выходе из бухт и у открытого побережья моря. Однако среди них можно



выделить виды, которые отличаются исключительной выносливостью к загрязнению (Громов, Афанасьев, 2001). К ним относится цистозира (*Cystoseira barbata*). Эта водоросль имеет обширный ареал распространения в Черном море, образуя зарослевый пояс на скальных грунтах вдоль всего побережья (Тоичкин, Фирсов, 2008). Лимитирующим фактором для нее является грунт, а не химический состав воды, что говорит о ее высокой лабильности (Minkina et al., 2012).

Водоросли-индикаторы экологического состояния ландшафтов

Одной из первых задач, решение которых было необходимо для проведения исследований в прибрежных аквальных ландшафтах стал выбор водорослей — и биогеохимических индикаторов (Ермаков, 2015), и геоботанических. Используемые для мониторинга макрофиты, а именно зеленые и бурые водоросли, являются наиболее чувствительными к изменению химического состава окружающей среды, причем, к загрязнению они относятся по-разному. Наиболее распространенными водорослями, применимыми для проведения биогеохимических исследований в прибрежных аквальных ландшафтах Черноморского побережья России, являются падина (*Padina pavonia*), цистозира (*Cystoseira barbata*) и энтероморфа (*Enteromorpha intestinalis*).

Цистозира и энтероморфа имеют широкое распространение (частую встречаемость) по всему побережью. При этом энтероморфа, как вид-полисорб рассматривается как индикатор загрязненности вод, а цистозира позволяет контролировать общую картину распространенности-нераспространенности водорослей в прибрежных аквальных ландшафтах. Эти водоросли позволили ранжировать участки бухты по степени и характеру накопления химических элементов, ареалам распространения видов, т.е. выявить определенные закономерности влияния техногенной нагрузки прилегающих участков суши на характер процессов миграции-концентрации химических элементов в водорослях. В качестве показателя чистых вод была выбрана падина, поскольку из всех олигосапробных видов на глубинах до 1–1,5 м она встречается чаще всего.

Отбор и обработка проб водорослей

В аквальных ландшафтах проводилось опробование трех видов водорослей: падина (*Padina pavonia*), энтероморфа (*Enteromorpha intestinalis*), цистозира (*Cystoseira barbata*). С целью биогеохимической оценки современного состояния прибрежных ландшафтов Цемесской бухты, в 2009 году проводился отбор 150 проб данных водорослей на 87 точках наблюдения (рис. 1). Охвачена вся береговая линия, являющаяся рекреационной зоной (к территории торгового порта доступ закрыт). Непосредственно на месте отбора водоросли тщательно промывались морской водой. С их поверхности удалялся песок, обломки горных пород, раковины. Каждая проба помещалась в отдельный пакет. При отборе проб проводилось описание экологической обстановки как на суше, так и в аквальных ландшафтах в районе



наблюдения. В камеральных условиях повторно проверялся вид водоросли, при необходимости удалялись обломки пород и раковины, а пробы непродолжительное время промывались проточной пресной водой. Затем все пробы просушивались и озолялись. Зола передавалась на спектральный анализ в аттестованной и аккредитованной лаборатории ЦИЛ «Кавказгеолсъемка».

Объект исследования

Техногенная нагрузка на аквальные ландшафты

Город Новороссийск — важнейший морской порт и самый крупный промышленный город на Черноморском побережье России. Город является одним из ключевых транспортных центров Краснодарского края благодаря функционированию Новороссийского морского пароходства, лесного порта (ОАО «Новорослесэкспорт»), морского торгового порта, зернового терминала, нефтяного терминала (АО «Черномортранснефть»). Деятельность данных предприятий представляет экологическую опасность для акватории города только в случае аварий и других чрезвычайных ситуаций. Тем не менее, все погрузочно-разгрузочные работы приводят к накоплению поллютантов в почвах и растениях суши, что косвенно является причиной загрязнения бухты.

Расположенный в Новороссийске крупнейший центр цементной промышленности на Кавказе является важнейшим источником загрязнения территории города и прилегающей акватории. Старейший цементный завод России «Новоросцемент» действует с 1882 г. и выпускает около 4 млн. т. продукции ежегодно. Источником сырья для производства портландцемента является месторождение мергеля, также расположенное в Новороссийске. Согласно материалам Госдоклада «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2011 году», Новороссийск занимает 1-е место в перечне 100 самых загрязнённых городов страны. Индекс загрязнения атмосферы достигает значения 36, «очень высокий». Основным источником выбросов, загрязняющих атмосферный воздух в городе, признан цементный завод. Эмиссия пыли является основным загрязняющим фактором в воздействии цементной промышленности на окружающую среду (Алексеев, Власова, 2015; Экогеохимия..., 2013). В атмосферных выбросах от цементных заводов поступает сравнительно небольшое количество металлов, однако цементная пыль, осаждающая довольно много различных соединений (в том числе и металлов),



воздух. Эмиссия пыли является основным загрязняющим фактором в воздействии цементной промышленности на окружающую среду (Алексеев, Власова, 2015; Экогеохимия..., 2013). В атмосферных выбросах от цементных заводов поступает сравнительно небольшое количество металлов, однако цементная пыль, осаждающая довольно много различных соединений (в том числе и металлов),

Рис. 1. Карта-схема точек отбора проб в Цемесской бухте (на основе космического снимка Yandex)

Fig. 1. Schematic map of sampling points in the Tsemes bay (on the basis of a space image by Yandex)





находящихся в городском воздухе (Uwasu et al., 2014). Таким образом, все эти соединения не выносятся за пределы города и не рассеиваются, равномерно распределяясь, а концентрируются, образуя аномалии в зонах осаждения цементной пыли. Городские почвы испытывают при этом наибольшее техногенное давление по сравнению с почвами других геохимических ландшафтов (Алексеевко, Алексеевко, 2014). Определенное загрязнение почв в Новороссийске связано с производством строительных материалов (шифер, тротуарная плитка, железобетонные изделия и др.), городским строительством, винодельческой, деревообрабатывающей и пищевой промышленностью (Экологические..., 2010).

Загрязняющие вещества с суши поступают в море в виде поверхностных и подземных водных растворов, аэрозолей, и более крупных частиц, представляющих собой обломки отдельных минералов (Куриленко, Осмоловская, 1999; Донченко и др., 2008). Одним из важнейших поставщиков материала в воды, разгружающиеся в море, являются почвы (Алексеевко, Алексеевко, 2014; Веч, 2014). С подземными и поверхностными водами из почв в море поступают не только хорошо растворимые соли, но и значительное количество коллоидных частиц с сорбированными ими веществами. Следует особо выделить поступление с суши органического материала, последующее воздействие которого на прибрежные аквальные ландшафты может быть чрезвычайно большим (Mouchan, Орехипова, 2002). Органические вещества вызывают изменение режима кислорода в осадках и придонном слое воды, трансформацию щелочно-кислотных условий и даже изменение морских растительных сообществ, что, в свою очередь, вызывает изменение биологического круговорота элементов (Алексеевко, 2006; Kosheleva et al., 2005; Volkova et al., 2010). Суммарное воздействие выбросов цементного завода, транспорта и иных источников загрязнения на экологическое состояние Цемесской бухты выражается в изменении концентраций химических элементов в водах и накоплении поллютантов в макрофитах (Lychagin et al., 2013; Norra, 2014).

Эколого-геохимическая обстановка в Цемесской бухте

Предшествующие ландшафтно-геохимические исследования (Алексеевко, 2011) установили, что уже к концу XX в. в результате интенсивного загрязнения токсичными веществами и повышенной мутности воды в бухте практически полностью исчез мезо- и макробентос. Из живых представителей зообентоса остались только полихеты, а фитобентос встречается лишь в виде биоценозов обрастания на причалах, сваях, бетонных массивах и около молов (Панькова, 2013). В районе порта регистрируется наибольший процент икринок рыб с аномалиями в строении (70 %). Таким образом, в порту и на участке бухты, непосредственно прилегающему к нему, произошло значительное нарушение биологического круговорота веществ (Теюбова, 2010). Наибольшей биомассой отличаются ландшафты с ассоциациями водорослей, доминантам у которых является бурая водоросль цистозира. Эти ландшафты располагаются вдоль обоих берегов бухты на глубине примерно от 1,5–3 до 7–20 м. Ландшафты с преобладанием зеленых водорослей *Enteromorpha intestinalis*, *Ulva rigida*, *Cladophora lactevirens* и др. расположены у самой кромки берегов (Симакова, 2009).

Важнейшим эколого-геохимическим показателем является окислительно-восстановительная обстановка, контролирующая миграцию и концентрацию целого ряда химических элементов и в первую очередь элементов с переменной валентностью, а также распространение многих организмов, т.е. влияющие на биологический круговорот химических элементов (Пашкевич, 2007). В воде бухты окислительно-восстановительная обстановка везде кислородная, но в грунтах она неоднородна. С увеличением глубины аэрация уменьшается, поэтому здесь ландшафты имеют восстановительную глеевую обстановку в грунтах. В центральной части бухты и во многих участках порта грунты имеют восстановительную сероводородную обстановку. На эти ландшафты влияют увеличившаяся глубина (от 20–25 м и более) и плохое перемешивание вод в сочетании с техногенным загрязнением, что особенно характерно для района порта, где глубина не велика.

На содержание в морских водах ионов водорода (рН), растворенного кислорода, величину общей щелочности, т.е. те характеристики вод, которые во многом определяют миграцию металлов, значительное влияние оказывают гидрохимические особенности вод рек, впадающих в море. Минимальная концентрация кислорода (< 2 мг/л) отмечена в водах реки Цемес, впадающей в одноименную бухту из города. Такие низкие значения по сравнению с характерным для региона диапазоном 5–8 мг/л объясняются окислением значительных количеств органических веществ, поступающих в реку Цемес. В этом же водотоке отличается максимальная величина общей щелочности (Алексеев, Власова, 2015).

Результаты и их обсуждение

Геоботанические исследования

Исследования показали, что встречаемость цистозиры в прибрежной зоне близка к 100%, а встречаемость олигосапробных видов крайне низка. На западной оконечности бухты вид *Padina pavonia* (индикатор чистых вод) отмечен лишь в пределах влияния биогенного ландшафта (западный биогенный участок) и на окраине поселка Мысхако. Следует отметить, что в пределах этих условно «чистых» участков побережья, энтероморфа (полисапробный вид) также присутствует в составе растительных ассоциаций, что является признаком наличия на данном участке определенного уровня органических загрязнений. После первого же участка разгрузки коллектора в акватории поселка, вид *Padina pavonia* вдоль всего побережья Цемесской бухты уже не встречается. В северной части бухты, где расположены основные техногенные ландшафты, энтероморфа (*Entheromorpha intestinales*) наряду с цистозирой (*Cystoseira barbata*) произрастает практически повсеместно. Присутствие падины не отмечено ни на одной точке наблюдения.

Второй участок, на котором отмечено присутствие *Padina pavonia* и на основании этого относимый к участкам аквальных ландшафтов с условно чистыми водами, начинается на восточной оконечности бухты. Здесь, в отличие от береговой линии поселка Мысхако, на точках наблюдения отмечены случаи произрастания



падины в отсутствие энтероморфы. Это, в основном, участки, где на побережье отсутствуют жилые дома (западный биогеогенный участок).

Характерно, что на участке разгрузки коллектора нефтебазы «Шесхарис» и далее на юг, состояние прибрежных вод таково, что позволяет относить их к «чистым» — энтероморфа отмечена лишь на одной из 12 точек наблюдения, в то время как падина присутствует во всех случаях. При этом состояние водоросли позволяет с определенной долей уверенности утверждать, что условия на данном участке прибрежного аквального ландшафта и далее вплоть до выхода из бухты, где определяющим оказывается влияние биогеогенных ландшафтов, очень благоприятны для развития данного вида. Такая особенность вероятнее всего является следствием воздействия северо-восточных ветров (Торопов, Шестакова, 2014), вызывающих сгон поверхностных вод у правого берега, и тем самым способствующих ее быстрому самоочищению.

Таким образом, на основании геоботанического анализа, прибрежные аквальные ландшафты Цемесской бухты можно условно разделить на три участка: два из них — находящиеся в зонах влияния биогеогенных ландшафтов в западной (западная биогеогенная) и восточной (восточная биогеогенная) оконечностях бухты, можно считать «условно чистыми», а третий, находящийся в глубине бухты в зоне влияния основных техногенных ландшафтов — экологически неблагополучным.

Результаты геоботанического мониторинга (1999-2009 годы) в целом показывают, что во внутренней части бухты по-прежнему доминирующими являются поли- и мезосапробные виды, причем зона распространенности полисапробных видов (в частности, *Entheromorpha intestinales*), год от года расширяется. Появление олигосапробного вида падина отмечено лишь однажды — в 2009 году в районе нефтебазы Шесхарис.

Биогеохимическая оценка

Биогеохимические исследования показывают, что содержания практически всех исследованных элементов в золе цистозеры и энтероморфы, произрастающих в зонах влияния биогеогенных ландшафтов ниже, чем в зонах влияния техногенных. Наибольшие средние содержания отмечены на точках наблюдения, расположенных в районе разгрузки городских очистных сооружений (пос. Алексино) и районе мола (наиболее близком к портовой части бухты участка опробования).

Для цистозеры западного биогеогенного побережья в целом характерны наименьшие содержания всех рассматриваемых элементов за исключением Мо. Восточное биогеогенное побережье характеризуется несколько более высокими (по сравнению с определенными для западного биогеогенного участка) содержаниями элементов, при этом содержания лишь пяти из них — Cu (4,17), Zn (4,83), Pb(1,03), Co (0,65), Cr (0,1) ниже, чем у цистозеры, отобранной в зонах влияния техногенных ландшафтов, а среднее содержание Ва (46,67) является максимальным для всех выборок (табл. 1).

Рассмотрим динамику изменения во времени содержания 12 рассмотренных элементов в золе цистозеры и энтероморфы, отобранных в рамках проведения мониторинговых исследований в прибрежной зоне Цемесской бухты.

Таблица 1.
Средние содержания элементов
в золе цистозеры (*Cystoseira barbata*)
Новороссийской бухты, $n \cdot 10^{-3}\%$.

Table 1.
Average element content in ashes
of *cystoseira barbata* of the
Tsemes Bay

Участок бухты	Химический элемент											
	Cu	Zn	Pb	Co	Ni	V	Cr	Sn	Mo	Mn	Ti	Ba
Западный биогенный	3,00	3,00	0,73	0,60	1,83	0,20	0,10	0,30	0,37	23,33	36,67	30,00
Мысхако	4,44	5,38	1,13	0,89	2,44	0,26	0,13	0,68	0,97	56,25	53,13	42,5
Алексино	4,75	17,8	1,71	0,84	3,06	0,31	0,28	0,89	0,94	62,5	57,5	36,25
Центр	5,18	5,73	1,38	0,82	2,27	0,26	0,12	0,60	0,62	46,36	63,64	45,45
Восточный биогенный	4,17	4,83	1,03	0,65	2,25	0,30	0,10	0,70	0,53	58,33	61,67	46,67

Цистозера

При анализе средних содержаний разных элементов в золе данного вида водоросли в пробах разных лет, удалось выявить некоторые закономерности изменения их средних содержаний.

Для большинства из рассмотренных элементов характерна тенденция к уменьшению их средних содержаний на протяжении всех лет исследования. Однако, при сохранении общей тенденции, изменение средних содержаний каждого элемента имеет некоторые особенности.

Для **Cu, Cr, Ni, Mo** отмечены «всплески» уровня содержаний в 2000 и 2009 годах, для **Mn, Ti, Zn** — только в 2009 году, а для **Pb** — только в 2000. Незначительное увеличение среднего содержания **V** в золе цистозеры отмечено в 2004 году. На этом же уровне оно сохраняется и в пробах 2009 года. Увеличение содержаний в пробах 2004 года характерно также и для **Sn**.

Для **Ba** и **Co**, в отличие от рассмотренных выше элементов не прослеживается сколь бы то явно выраженной тенденции изменения содержаний. В разные годы средние содержания этих элементов в золе цистозеры изменяются скачкообразно. При этом выборки 2009 года по средним содержаниям резко отличаются от результатов прошлых лет: для **Ba** отмечено резкое (почти в 2 раза) падение, а для **Co** — резкое (более чем в 2 раза) увеличение содержаний.

При проведении статистических расчетов был заявлен 5% уровень значимости результатов. С учетом этой вероятностной характеристики, рассмотрим изменения, отмеченные для каждого элемента, более подробно.

Средние содержания **Mn** и **Cu** в пробах разных лет различаются незначительно и колеблются на уровне $55 \cdot 10^{-3}\%$ и $4 \cdot 10^{-3}\%$ соответственно.

Изменения средних содержаний **Ba** и **Co** в период 1999–2004 гг. также не имеют статистически значимых различий (колебания на уровне $60 \cdot 10^{-3}\%$ и $0,25 \cdot 10^{-3}\%$ соответственно) и только средние содержания, полученные по результатам опробования 2009 года имеют значительные отличия (уменьшение содержания **Ba** до $40 \cdot 10^{-3}\%$ и увеличение **Co** до уровня $0,6 \cdot 10^{-3}\%$), о чем мы уже говорили выше.



Для **Cr, Ni, Pb** и **V** характерны наиболее высокие содержания в пробах 1999 и 2000 годов. С вероятностью 95% средние содержания каждого из этих элементов в пробах данных лет можно считать равными (табл. 2). К 2002 году происходит резкое (в 2 раза) уменьшение содержаний элементов в золе рассматриваемого вида водоросли и этот уровень содержаний (для каждого элемента — свой) сохраняется (с вероятностью 95%) до 2009 года. Лишь для Cr выявлен минимум содержаний — в пробах 2004 года.

Таблица 2.
Средние содержания **Pb, Cr, Ni, V**
(с вероятностью 95%) в золе цисто-
зиры Цемесской бухты, $n \cdot 10^{-3}\%$

Table 2.
Average content of **Pb, Cr, Ni, V** (with
probability 95%) in ashes of *cystoseira*
barbata of the Tsemes Bay, $n \cdot 10^{-3}\%$

Год опробования	Элемент			
	Pb	Cr	Ni	V
1999	4,22±1,04	5,11±1,25	3,65±0,54	1,47±0,33
2000	4,61±1,30	5,85±0,76	4,59±0,57	1,15±0,11
2001	1,94±0,42	1,93±0,30	2,16±0,30	0,73±0,15
2002	1,20±0,20	1,35±0,30	1,91±0,20	0,63±0,11
2004	1,15±0,18	0,60±0,18	1,51±0,30	0,70±0,20
2009	1,02±0,30	0,75±0,24	2,28±0,60	0,70±0,30

Для **Ti** и **Zn** характерно наиболее высокое содержание только в пробах 1999 года (134,4 и $22,1 \cdot 10^{-3}\%$ соответственно) и резкое (с учетом вероятностных характеристик) уменьшение его в пробах 2000 и 2001 годов (для Ti) и в пробах 2000–2002 годов (для Zn). Оба элемента относятся к группе, для которой характерно повышение содержаний в пробах 2009 года, однако, это изменение является статистически значимым только для Ti.

Для **Sn** минимальный уровень среднего содержания отмечен в пробах 2000 и 2001 годов. Выборки этих лет содержат большое количество проб, содержание данного металла в которых находится ниже предела чувствительности спектрографа, на котором проводился анализ. В силу этих особенностей, невозможно указать точные значения средних содержаний, однако тенденция к понижению уровня содержаний прослеживается и в данном случае, но лишь до 2004 года. Средние содержания, определенные для выборок всех остальных лет, не имеют между собой статистически значимых различий и колеблются на уровне $0,27 \cdot 10^{-3}\%$. При этом для выборки 2009 года характерен наименьший разброс содержаний.

Mo — единственный из рассмотренных элементов, средние содержания которого в выборках от года к году изменяются статистически значимо. При сохранении общей тенденции к уменьшению средних содержаний, их изменения, характерные для данного металла, происходят более резко — «всплеск» до $0,23 \cdot 10^{-3}\%$ в пробах 2000 года, затем уменьшение содержания до уровня 1999 года в пробах 2001 ($0,13 \cdot 10^{-3}\%$), дальнейшее последовательное уменьшение в пробах 2002 ($0,06 \cdot 10^{-3}\%$) и 2004 ($0,04 \cdot 10^{-3}\%$) годов и новый скачок — в 2009 году практически вновь до уровня 1999 и 2001 года ($0,11 \cdot 10^{-3}\%$).

Таким образом, на основании полученных данных, можно говорить о сохранявшейся на протяжении 1999–2004 годов тенденции уменьшения средних содер-

жаний большинства исследованных элементов в золе цистозирры и повышении уровня содержаний в 2009 году.

Энтероморфа

Анализ мониторинговых данных для этого вида водоросли, позволяет утверждать, что, в отличие от цистозирры, единой тенденции изменения содержаний во времени для рассмотренных элементов выявить не удалось.

Для четырех элементов: Zn, V, Ti, Ni характерно понижение средних содержаний, характеризующих разные годы, с 1999 вплоть до 2009 года. Для Zn, V, Ti отмечен статистически значимый скачок в сторону увеличения содержаний в пробах 2009 года. Увеличение содержаний Ni происходит более плавно, начиная с 2004 года. К этой же группе элементов можно отнести Ba и Cu. Изменения средних содержаний этих элементов с учетом заявленной вероятности в 95% нельзя считать статистически значимыми, хотя тенденция к понижению содержаний прослеживается, начиная с 2000 года по 2002 для Ba и по 2004 год — для Cu. В пробах 2009 года для этих элементов, как в прочем, и для всех остальных, отмечено возрастание содержаний. Наиболее высокое среднее содержание Mo в золе энтероморфы также отмечено в 2000 году. В последующие годы происходит последовательное уменьшение, причем в выборке 2004 года содержания Mo более чем в 30% проб были ниже предела чувствительности спектрографа, поэтому достоверно просчитать среднее содержание для этого года было невозможно.

Аналогичная ситуация сложилась в выборках 1999, 2004 и 2009 года для Sn. Однако в целом можно констатировать наличие для этого элемента общей тенденции к уменьшению средних содержаний на период 2001–2004 годы. Для трех элементов: Co, Pb и Cr изменения содержаний происходят волнообразно. Первая «волна» включает результаты опробования 1999, 2000 и 2001 гг., где четко прослеживается последовательное возрастание средних содержаний элементов. Затем, в пробах 2002 года — резкое (для Co и Pb в два, а для Cr более чем в 5 раз) уменьшение и вновь плавный подъем содержаний в пробах 2004 и 2009 годов. При этом уровень содержаний на «второй волне» для Cr и Pb значительно ниже, чем на первой. Отчасти свой вклад в такое распределение содержаний мог внести тот факт, что в период 1999–2001 года были доступны точки опробования непосредственно у разгрузочных причалов Новороссийского грузового порта, где и были отмечены наиболее высокие содержания данных элементов в золе энтероморфы. Однако, даже при проведении расчетов без учета данных, полученных с этих точек, указанная тенденция изменений сохраняется.

В отличие от рассмотренных выше Cr и Pb, среднее содержание Co, отмеченное по результатам опробования 2009 года ($0,55 \cdot 10^{-3}\%$), более чем в два раза выше, чем пик «первой волны», отмеченный в 2001 году ($0,25 \cdot 10^{-3}\%$). Изменение содержаний Mn в первые годы исследований происходило скачкообразно, но с 2002 года отмечается последовательное увеличение содержаний — с $30,8 \cdot 10^{-3}\%$ в 2002 до $72,9 \cdot 10^{-3}\%$ в 2009 г.

Таким образом, мониторинговые исследования показали, что по крайней мере на протяжении 2001–2004 годов в бухте происходили процессы, приведшие к снижению уровня содержаний большинства исследованных элементов как в золе цистозирры,



так и в золе энтероморфы. Однако при этом даже самые низкие средние содержания элементов оставались на уровне, превышающем содержания, характерные для водорослей, произрастающих в зонах влияния биогенных ландшафтов лесов.

Заключение

1. Наиболее загрязненной по результатам геоботанических исследований может быть признана внутренняя часть бухты. Аквальные ландшафты на этом участке испытывают наибольшее воздействие осажденных из воздуха поллютантов, поступающих с водным стоком. Участки в пределах акватории Цемесской бухты, которые можно характеризовать, как «условно чистые» — западная и восточная оконечность бухты, находящиеся в зонах влияния биогенных ландшафтов суши, однако и на этих участках прослеживается воздействие выбросов цементного завода и иных промышленных предприятий.

2. Наиболее высокие содержания большинства рассмотренных элементов отмечены в пробах, характеризующих центральную часть бухты и акваторию пос. Алексино, наименьшие характерны для проб, отобранных в зонах влияния биогенных ландшафтов лесов. Эти данные биогеохимического мониторинга подтверждают геоботаническую характеристику морских экосистем и выделение наиболее подверженных техногенному воздействию участков.

3. Десятилетний биогеохимический мониторинг (1999–2009 гг.) выявил общую тенденцию к уменьшению средних содержаний большинства рассмотренных элементов в период до 2004 года и возрастание содержаний в 2009 г. При наличии общей тенденции, изменения средних содержаний каждого элемента имеет свои особенности. При этом наиболее низкие средние содержания элементов в пределах акватории города постоянно остаются на уровне, превышающем содержания, характерные для водорослей в зонах влияния биогенных лесных ландшафтов.

Авторы выражают признательность студентам Южного федерального университета М.О. Орлову и Горного университета А. А. Трофимову за помощь в проведении полевых работ. Исследования проведены с использованием оборудования Оборудования Научно-образовательного центра коллективного пользования Горного университета. Работы выполнены при частичной финансовой поддержке проекта базовой части госзадания Министерства образования и науки РФ, № 1894.

Использованная литература

1. Алексеенко В. А. Геоботанические исследования для решения ряда экологических задач и поисков месторождений полезных ископаемых. М.: Логос, 2011. 244 с.
2. Алексеенко В. А. Геоэкология. Экологическая геохимия. — Ростов-н/Д.: Феникс, 2015. — 688 с.
3. Алексеенко В. А. Эколого-геохимические изменения в биосфере. Развитие, оценка. М.: Логос, 2006. 520 с.
4. Алексеенко В. А., Алексеенко А. В. Химические элементы в городских почвах. М.: Логос, 2014. 312 с.
5. Алексеенко В. А., Власова Е. В. Эколого-геохимическая оценка состояния Цемесской бухты // Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геохронология, 2015, № 3, с. 239–247.
6. Алексеенко В. А., Суворинов А.В., Власова Е.В. Металлы в окружающей среде. Прибрежные аквальные ландшафты Черноморского побережья России. — М.: ФГБНУ НИИ ПМТ, 2012. — 360 с.
7. Громов В. В., Афанасьев Д. Ф. Адаптационные возможности фитоценоза цистозейры к загрязнению прибрежной зоны моря // 2 междунар. конф. молод. ученых «Понт-Эвксинский», Севастополь: 2001. С. 117–119.
8. Донченко В. К., Иванова В. В., Питулько В. М. Эколого-геохимические особенности прибрежных акваторий. - СП-б, 2008, 544 с.

9. Куриленко В. В., Осмоловская Н. Г. Биоиндикаторная роль высших растений при диагностике загрязнений водных экосистем (на примере малых водоемов Санкт-Петербурга) // Водные ресурсы. 2007. Т.34, № 7. С.1–8.
10. Панькова Е. С. Использование водорослей в мониторинге качества прибрежных вод Черноморского побережья (Краснодарский край) // Докл. МОИП. Т.50: Геология, география, экология, организация практик. М.: РУДН, 2013. С. 208–212.
11. Пашкевич М. А. Геохимия техногенеза. Учебное пособие. — СПб.: СПГИ (ТУ), 2007. — 72 с.
12. Промпредприятия Кубани в январе-марте увеличили выпуск цемента на 21 % // Сетевое издание «Интерфакс», 14.04.2015. Электронный ресурс: <http://www.interfax-russia.ru/South/news.asp?id=601717&sec=1679>
13. Симакова У. В. Влияние рельефа дна на сообщества цистозиры Северо-Кавказского побережья Черного моря // Океанология. Т. 49, № 5. 2009. С. 672–680.
14. Теюбова В. Ф. Эколога-фитоценологическая характеристика макрофитобентоса Новороссийской бухты (Чёрное море) // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2010. № 6. С. 78–84.
15. Тоичкин А. М., Фирсов, Ю. К. Морфометрические характеристики бурой водоросли *Cystoseira barbata* как показатель качества прибрежных вод Чёрного моря // Экология моря. — 2008. — 76. — С. 54–60.
16. Торопов П. А., Шестакова А. А. Оценка качества моделирования новороссийской боры с помощью WRF-ARW // Метеорология и гидрология, 2014. №7, с. 38–51.
17. Экогеохимия ландшафтов / Н. С. Касимов. — М.: ИП Филимонов М. В., 2013 — 208 с.
18. Экологические проблемы мегаполисов и промышленных агломераций. Учебное пособие / М.А. Пашкевич и др. СПб.: С.-Петерб. гос. горный ин-т им. Г.В. Плеханова, 2010. 202 с.
19. Alekseenko V., Alekseenko A. The abundances of chemical elements in urban soils // Journal of Geochemical Exploration. 2014. № 147 (B). pp. 245–249.
20. Bech J. Potentially harmful elements in soil-plant interactions // Journal of Soils and Sediments. 2014. № 14 (4). pp. 651–654.
21. Danilov A. S., Smirnov U. D., Pashkevich M. A. The system of the ecological monitoring of environment which is based on the usage of UAV // Russian Journal of Ecology, 2015, 46 (1), pp. 14–19.
22. Ermakov V. V. Geochemical ecology and biogeochemical criteria for estimating the ecologic state of biospheric taxons // Geochemistry International, 2015. Vol. 53, Issue 3, pp. 195–212.
23. Kosheleva N. E., Makarova M. G., Novikova O. V. Heavy metals in the foliage of deciduous species in urban landscapes // Vestnik Moskovskogo Universiteta, Seriya 5: Geografiya, 2005 (3), pp. 74–81.
24. Lychagin M. Y., Tkachenko A. N., Kasimov N. S., Kroonenberg S.B. Heavy metals in the water, plants, and bottom sediments of the Volga River mouth area. // Journal of Coastal Research. 2013. dx.doi.org/10.2112/JCOAST-RES-D-12-00194.1
25. Minkina T. M., Motusova G. V., Mandzhieva S. S., Nazarenko O. G. Ecological resistance of the soil-plant system to contamination by heavy metals // Journal of Geochemical Exploration. 2012. № 123. pp. 33–40.
26. Mouchan V. N., Opekunova M. G. The biogeochemical aspects of geocological studies. // Vestnik Sankt-Peterburgskogo Universiteta, Seriya Geologiya i Geografiya, 2002 (3), pp. 93–103.
27. Norra S. The biosphere in times of global urbanization // Journal of Geochemical Exploration. 2014. № 147 (A). pp. 52–57.
28. Uwasu M., Hara K., Yabar H. World cement production and environmental implications // Environmental Development. 2014. 10. pp. 36–47.
29. Volkova I. I., Baikov K. S., Syso A. I. Kuznetsk Alatau mires as filters for natural waters. // Contemporary Problems of Ecology. 2010; 3(3):265–271.

References:

1. Alekseenko V. A. Geobotanicheskie issledovaniya dlja reshenija rjada jekologicheskikh zadach i poiskov mestorozhdenij poleznyh iskopaemyh [Geobotanical studies for solving a number of environmental tasks and searching of mineral deposits], M., Logos, publ., 2011, p. 244 (in Russian).
2. Alekseenko V. A. Geojekologija. Jekologicheskaja geohimija [Geocology. Environmental Geochemistry], Rostov-n/D, Feniks, publ., 2015, p. 688 (in Russian).
3. Alekseenko V. A. Jekologo-geohimicheskie izmenenija v biosfere. Razvitie, ocenka [Ecological and geochemical changes in the biosphere. Development, assessment], M., Logos, publ., 2006, p. 520 (in Russian).
4. Alekseenko V. A., Alekseenko A.V. Himicheskie jelementy v gorodskih pochvah [Chemical elements in urban soils], M., Logos, publ., 2014, p. 312 (in Russian).
5. Alekseenko V. A., Vlasova E.V. Jekologo-geohimicheskaja ocenka sostojanija Cemesskoj buhty geokriologija [Ecological-geochemical assessment of the Tsemes Bay], Environmental geoscience: Engineering Geology, Hydrogeology, Geocryology, journ., 2015, № 2, pp. 155–163 (in Russian).
6. Alekseenko V. A., Suvorinov A. V., Vlasova E. V. Metally v okruzhajushhej srede. Pribrezhnye akval'nye landshafty Chernomorskogo poberezh'ja Rossii [Metals in the environment. Coastal aquatic landscapes of the Black sea coast of Russia], M., Research Institute of advanced materials and technologies, 2012, p. 360 (in Russian).



7. Gromov V. V., Afanas'ev D. F. Adaptacionnye vozmozhnosti fitocenoza cistozejry k zagrizneniju pribrezhnoj zony morja [The adaptive capacity of phytocenosis of cystoseira to the pollution of the coastal zone], 2nd international conference of young specialists «Pont Jevksinskij», Sevastopol, 2001, pp. 117–119 (in Russian).
8. Donchenko V. K., Ivanova V. V., Pitul'ko V. M. Jekologo-geohimicheskie osobennosti pribrezhnyh akvatorij [Ecological-geochemical characteristics of coastal waters], SPb, 2008, p. 544 (in Russian).
9. Kurilenko V. V., Osmolovskaja N. G. Bioindikatornaja rol' vysshih rastenij pri diagnostike zagriznenij vodnyh jekosistem (na primere malyh vodoemov Sankt-Peterburga) [Bio-indicator role of higher plants in the diagnosis of contamination of aquatic ecosystems (by the example of small water bodies of St. Petersburg)], Water resources, journ., 2007, vol.34, № 7, pp. 1–8 (in Russian).
10. Pan'kova E. S. Ispol'zovanie vodoroslej v monitoringe kachestva pribrezhnyh vod Chernomorskogo poberezh'ja (Krasnodarskij kraj) [Use of algae in monitoring the quality of coastal waters of the black sea coast (Krasnodar Krai)], Bulletin of Moscow Society of Naturalists, vol. 50: Geology, geography, ecology, organization of practices, M., People's Friendship University of Russia, 2013, pp. 208–212 (in Russian).
11. Pashkevich M. A. Geohimija tehnogeneza. Uchebnoe posobie [Geochemistry of technogenesis. Teaching aid], SPb., University of Mines, 2007, p. 72 (in Russian).
12. Prompredprijatija Kubani v janvare-marte uvelichili vypusk cementa na 21 % // Setevoe izdanie «Interfaks» [Industrial enterprises of Kuban increased the production of cement by 21 % in January-March], 14.04.2015, access: <http://www.interfax-russia.ru/South/news.asp?id=601717&sec=1679> (in Russian).
13. Simakova U. V. Vlijanie rel'efa dna na soobshhestva cistoziry Severo-Kavkazskogo poberezh'ja Chernogo morja [The influence of bottom shape on the community of cystoseira of the North Caucasian coast of the Black sea], Oceanology, journ., vol. 49, № 5, 2009, pp. 672–680 (in Russian).
14. Tejubova V. F. Jekologo-fitocenoticheskaja harakteristika makrofitobentosa Novorossijskoj buhty (Chjornoe more) [Ecological-phytocoenotic characteristics of microphytobenthos of the Novorossiysk Bay (Black sea)], Izvestiya vuzov. Severo-kavkazskii region, journ., 2010, № 6, pp. 78–84 (in Russian).
15. Toichkin A. M., Firsov, Ju. K. Morfometricheskie harakteristiki buroj vodorosli Cystoseira barbata kak pokazatel' kachestva pribrezhnyh vod Chjornogo morja [Morphometric characteristics of brown algae of cystoseira barbata as an indicator of the quality of coastal waters of the Black sea], Jekologija morja, journ., 2008, 76, pp. 54–60 (in Russian).
16. Toropov P. A., Shestakova A. A. Quality assessment of Novorossiysk bora simulation by the WRF-ARW model, Russian Meteorology and Hydrology, journ., 2014. №7, pp. 38–51 (in English).
17. Jekogeohimija landshaftov [Ecogeochemistry of landscapes], N.S. Kasimov, M., sole entrepreneur Filimonov M. V., publ., 2013, p. 208 (in Russian).
18. Jekologicheskie problemy megapolisov i promyslennyh aglomeracij. Uchebnoe posobie [Environmental problems of mega-cities and industrial agglomerations. Teaching aid], M.A. Pashkevich et al. SPb., University of Mines, 2010, p. 202 (in Russian).
19. Alekseenko V., Alekseenko A. The abundances of chemical elements in urban soils // Journal of Geochemical Exploration. 2014. № 147 (B). pp. 245–249 (in English).
20. Bech J. Potentially harmful elements in soil-plant interactions // Journal of Soils and Sediments. 2014. № 14 (4). pp. 651-654 (in English).
21. Danilov A. S., Smirnov U. D., Pashkevich M. A. The system of the ecological monitoring of environment which is based on the usage of UAV // Russian Journal of Ecology, 2015, 46 (1), pp. 14–19 (in English).
22. Ermakov V. V. Geochemical ecology and biogeochemical criteria for estimating the ecologic state of biospheric taxons // Geochemistry International, 2015. Vol. 53, Issue 3, pp. 195–212 (in English).
23. Kosheleva N. E., Makarova M. G., Novikova O. V. Heavy metals in the foliage of deciduous species in urban landscapes // Vestnik Moskovskogo Universiteta, Seriya 5: Geografiya, 2005 (3), pp. 74-81 (in English).
24. Lychagin M. Y., Tkachenko A. N., Kasimov N. S., Kroonenberg S. B. Heavy metals in the water, plants, and bottom sediments of the Volga River mouth area. // Journal of Coastal Research. 2013. dx.doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-12-00194.1 (in English).
25. Minkina T. M., Motusova G. V., Mandzhieva S. S., Nazarenko O. G. Ecological resistance of the soil-plant system to contamination by heavy metals // Journal of Geochemical Exploration. 2012. № 123. pp. 33–40 (in English).
26. Mouchan V. N., Opekunova M. G. The biogeochemical aspects of geoecological studies. // Vestnik Sankt-Peterburgskogo Universiteta, Seriya Geologiya i Geografiya. 2002 (3), pp. 93–103 (in English).
27. Norra S. The biosphere in times of global urbanization // Journal of Geochemical Exploration. 2014. № 147 (A). pp. 52–57 (in English).
28. Uwasu M., Hara K., Yabar H. World cement production and environmental implications // Environmental Development. 2014. 10. pp. 36–47 (in English).
29. Volkova I. I., Baikov K. S., Syso A. I. Kuznetsk Alatau mires as filters for natural waters. // Contemporary Problems of Ecology. 2010; 3(3): 265-271 (in English).