

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,560

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,311

Журнал издается с 2001 г.

Электронная версия: <http://www.natural-sciences.ru>

Правила для авторов: <http://www.natural-sciences.ru/ru/rules/index>

Подписной индекс по каталогу «Роспечать» – 70062

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Ледванов Михаил Юрьевич, д.м.н., профессор

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Курзанов Анатолий Николаевич, д.м.н., профессор

Чернева Ирина Николаевна, к.с.-х.н.

Ответственный секретарь редакции

Бизенкова Мария Николаевна, к.м.н.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.с.-х.н., доцент Абдулвалеев Р.Р. (Уфа); д.г.-м.н., проф., Абилхасимов Х.Б. (Астатна); д.т.н., проф. Айдосов А. (Алматы); д.с.-х.н., проф. Алабушев А.В. (Зерноград); д.г.-м.н., проф., Алексеев С.В. (Иркутск); д.х.н., проф., Алоев В.З. (Нальчик); д.г.н., проф. Андреев С.С. (Ростов-на-Дону); д.г.н., доцент, Андреева Е.С. (Ростов-на-Дону); д.с.-х.н., доцент Анищенко Л.Н. (Брянск); д.с.-х.н., проф. Байрамбеков Ш.Б. (Камызяк); д.т.н., проф. Бейсембаев К.М. (Караганда); д.т.н., проф. Белозеров В.В. (Ростов-на-Дону); д.б.н., доцент Белоус О.Г. (Сочи); д.с.-х.н., проф. Берсон Г.З. (Великий Новгород); д.г.-м.н., проф. Бондарев В.И. (Екатеринбург); д.г.-м.н., проф. Гавришин А.И. (Новочеркасск); д.с.-х.н., Горбачева А.Г. (Пятигорск); д.с.-х.н., Горянин О.И. (Самара); д.г.-м.н., проф. Гусев А.И. (Бийск); д.с.-х.н., проф. Данилин И.М. (Красноярск); д.б.н., доцент Долгов А.В. (Мурманск); д.э.н., проф. Долятовский В.А. (Ростов-на-Дону); д.х.н., проф. Дресвянников А.Ф. (Казань); д.г.н., проф. Егорина А.В. (Усть-Каменогорск); д.т.н., проф. Ерофеев В.И. (Томск); д.с.-х.н., проф. Залесов С.В. (Екатеринбург); д.с.-х.н., доцент Захарченко А.В. (Томск); д.с.-х.н., проф. Зволинский В.П. (Волгоград); д.х.н., проф. Ивашкевич А.Н. (Москва); д.б.н., доцент Кавцевич Н.Н. (Мурманск); д.т.н., проф. Калякин С.А. (Донецк); д.с.-х.н., проф. Караев М.К. (Махачкала); д.г.-м.н., проф. Кашаев А.А. (Иркутск); д.ф.-м.н., проф. Кобрунов А.И. (Ухта); д.г.-м.н., доцент Копылов И.С. (Пермь); д.г.-м.н., проф. Костицын В.И. (Пермь); д.с.-х.н., проф. Костылев П.И. (Зерноград); д.э.н., проф. Косякова И.В. (Самара); д.с.-х.н., Коцарева Н.В. (Белгород); д.т.н., доцент Кузяков О.Н. (Тюмень); д.г.-м.н., проф. Кучеренко И.В. (Томск); д.б.н., проф. Ларионов М.В. (Саратов); д.г.-м.н., проф. Лебедев В.И. (Кызыл); д.ф.-м.н., проф. Лерер А.М. (Ростов-на-Дону); д.г.н., проф. Луговской А.М. (Москва); д.г.-м.н., проф. Мельников А.И. (Иркутск); д.т.н., проф. Мусаев В.К. (Москва); д.т.н., доцент Нехорошева А.В. (Ханты-Мансийск); д.с.-х.н., Никитин С.Н. (Ульяновск); д.с.-х.н., Оказова З.П. (Владикавказ); д.с.-х.н., проф. Партоев К. (Душанбе); д.с.-х.н., проф. Петелько А.И. (Мценск); д.т.н., проф. Петров М.Н. (Красноярск); д.т.н., проф. Пирумян Г.П. (Ереван); д.с.-х.н., проф. Проездов П.Н. (Саратов); д.г.-м.н., проф. Сакиев К.С. (Бишкек); д.с.-х.н., доцент Сокольская О.Б. (Саратов); д.т.н., проф. Степанов В.В. (Санкт-Петербург); д.т.н., проф. Тарасенко А.А. (Тюмень); д.т.н. Теплухин В.К. (Октябрьский); д.э.н., проф. Титов В.А. (Москва); д.с.-х.н., проф. Титов В.Н. (Саратов); д.с.-х.н., проф. Тихановский А.Н. (Салехард); д.г.-м.н., проф. Трофименко С.В. (Нерюнгри); д.т.н., проф. Ульрих Е.В. (Кемерово); д.г.н., проф. Чодураев Т.М. (Бишкек); д.с.-х.н., проф. Шамшиев Б.Н. (Ош); д.т.н., проф. Шантарин В.Д. (Тюмень); д.т.н., проф. Шатов А.А. (Уфа); д.ф.-м.н., профессор Ширапов Д.Ш. (Улан-Удэ); д.т.н., проф. Шишелова Т.И. (Иркутск); д.ф.-м.н., профессор Шугунов Л.Ж. (Нальчик); д.г.-м.н., проф. Юргенсон Г.А. (Чита); д.г.н., проф. Яковенко Н.В. (Воронеж); д.т.н., проф. Ямалетдинова К.Ш. (Челябинск)

Журнал «УСПЕХИ СОВРЕМЕННОГО ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ» зарегистрирован
Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий
и массовых коммуникаций.

Свидетельство – **ПИ № ФС 77-63398.**

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала бесплатен.

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,560.

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,311.

Журнал зарегистрирован в Centre International de l'ISSN. ISSN 1681-7494.

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ.

Учредитель, издательство и редакция:
ИД «Академия Естествознания»

Почтовый адрес: 105037, г. Москва, а/я 47

Ответственный секретарь редакции –
Бизенкова Мария Николаевна –
+7 (499) 705-72-30
E-mail: edition@rae.ru

Подписано в печать – 01.08.2018
Дата выхода номера – 01.09.2018

Формат 60x90 1/8
Типография
ООО «Научно-издательский центр
Академия Естествознания»,
г. Саратов, ул. Мамонтовой, 5

Техническая редакция и верстка
Байгузова Л.М.
Корректор
Галенкина Е.С.

Способ печати – оперативный.
Распространение по свободной цене.
Усл. п.л. 26,75
Тираж – 1000 экз. Заказ. УСЕ/7-2018
Подписной индекс 70062

© ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Химические науки (02.00.00)

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПОИСКУ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА 4-МЕТИЛФЕНИЛ(БЕНЗИЛ) АМИДОВ N-БЕНЗОИЛ-5-БРОМ(5-ЙОД)АНТРАНИЛОВЫХ КИСЛОТ НА ОСНОВЕ РАССЧИТАННЫХ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ <i>Андрюков К.В., Коркодинова Л.М.</i>	9
ВЛИЯНИЕ РАСТВОРИТЕЛЯ НА АНТИРАДИКАЛЬНУЮ АКТИВНОСТЬ ЭКСТРАКТОВ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ <i>Анохина И.Н., Скрыпник Л.Н.</i>	15
СОСТАВ ВОДОРАСТВОРИМОГО ПОЛИСАХАРИДНОГО КОМПЛЕКСА ПЛОДОВ ИРГИ ОБЫКНОВЕННОЙ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ОРГАНИЗМ ЛАБОРАТОРНЫХ КРЫС <i>Лаксаева Е.А.</i>	20

Сельскохозяйственные науки (06.01.00, 06.03.00)

АНАТОМО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МИКОТРОФНОСТИ PINUS SYLVESTRIS L. В НАСАЖДЕНИЯХ, ПОВРЕЖДЕННЫХ HETEROBASIDION ANNOSUM (FR.) BREF. <i>Адамович И.Ю.</i>	26
КУЛЬТУРЫ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО (QUERCUS ROBUR L.) НА РЕКУЛЬТИВИРУЕМЫХ ЗЕМЛЯХ <i>Андропова М.М.</i>	32
ВЛИЯНИЕ ВЫСОТЫ ОТЧУЖДЕНИЯ НА ОТРАСТАНИЕ МНОГОЛЕТНИХ ЗЛАКОВ УМЕРЕННОЙ ЗОНЫ РЕСПУБЛИКИ МОРДОВИЯ <i>Горчакова А.Ю.</i>	37
ВЛИЯНИЕ ИЗВЕСТКОВАНИЯ НА ЧИСЛЕННОСТЬ ЭКОЛОГО-ТРОФИЧЕСКИХ ГРУПП МИКРООРГАНИЗМОВ В СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЕ <i>Зинченко М.К., Зинченко С.И.</i>	43
ОЦЕНКА КОЛЛЕКЦИИ ИНБРЕДНЫХ ЛИНИЙ КУКУРУЗЫ В УСЛОВИЯХ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ <i>Ильин В.С., Логинова А.М., Гетц Г.В.</i>	48
ПОДБОР РАННЕСПЕЛЫХ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ ДЛЯ КОРМОВЫХ СЕВООБОРОТОВ В УСЛОВИЯХ ВОЛГО-ВЯТСКОГО РАЙОНА <i>Соколова Е.А., Мефодьев Г.А., Свечников А.К.</i>	54
УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР <i>Тедеева А.А., Хохоева Н.Т., Тедеева В.В.</i>	59
ВЛИЯНИЕ ШИРИНЫ МЕЖДУРЯДИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЗДОРОВОГО КАРТОФЕЛЯ <i>Уромова И.П., Штырлина О.В., Васюкова Е.А., Логинова Т.А.</i>	65
АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ ВАСИЛЬКА СИНЕГО (CENTAUREA CYANUS L.) НА КОРМОВЫЕ ЗЛАКИ <i>Чегодаева Н.Д., Маскаева Т.А., Лабутина М.В.</i>	71

Науки о Земле (25.00.00)

ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОКРУЖАЮЩИЕ ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ТОРГОВОГО ЦЕНТРА «ПАССАЖ», Г. ЕКАТЕРИНБУРГ) <i>Абатурова И.В., Савинцев И.А., Стороженко Л.А., Корчак С.А.</i>	77
СОСТОЯНИЕ ПОРОД У ЗАБОЕВ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫЕМКИ НА ОСНОВЕ ПОВОРОТНЫХ КОНВЕЙЕРОВ <i>Бейсембаев К.М., Нокина Ж.Н., Телиман И.В., Абдугалиева Г.Б.</i>	83

ПРОГНОЗ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ГЕОСИСТЕМ СЕВЕРНОГО ПРИОЛЬХОНЬЯ <i>Бибаева А.Ю.</i>	90
МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ВУКТЫЛЬСКОЙ ПЛОЩАДИ ПРИ ПОМОЩИ СОВРЕМЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ <i>Вельтистова О.М., Мотрюк Е.Н.</i>	95
ВОПРОСЫ УТИЛИЗАЦИИ БУРОВЫХ ОТХОДОВ НЕФТЕГАЗОДОБЫЧИ В ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ И РЕСПУБЛИКЕ САХА (ЯКУТИЯ) <i>Горбунова О.И., Каницкая Л.В.</i>	102
ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОРАЗРЕШАЮЩЕЙ ГИДРОАКУСТИКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ ЗАГЛУШЕННЫХ ПОДВОДНЫХ СКВАЖИН <i>Дмитревский Н.Н., Ананьев Р.А., Мелузов А.А., Шабалин Н.В., Ремизова Д.М.</i>	109
АНАЛИЗ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ РЕЗЕРВУАРНЫХ ПАРКОВ ПРИ «БОЛЬШИХ ДЫХАНИЯХ» <i>Елизарьев А.Н., Гапонов В.М., Юсупов Т.Р., Тараканов Д.А., Тараканов Дм.А.</i>	116
ДИСКУССИОННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПАЛЕОГЕОГРАФИИ ПЛЕЙСТОЦЕНА ЛЕДНИКОВЫХ ОБЛАСТЕЙ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ <i>Зыкин В.С., Зыкина В.С.</i>	121
ПРОГРАММА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ КОМПОНОВКИ НИЗА БУРОВОЙ КОЛОНКИ С УЧЕТОМ НЕКОНТРОЛИРУЕМЫХ ФАКТОРОВ <i>Иванов Р.О., Лушпей В.П., Панков М.Е.</i>	129
ПРИРОДНО-РЕКРЕАЦИОННЫЙ КАРКАС ГОРОДСКОГО ОКРУГА И ДОЛИНЫ МАЛЫХ РЕК (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ЧЕБОКСАРЫ) <i>Казаков Н.А., Еремеева С.С., Караганова Н.Г., Михайлова Е.В.</i>	136
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ АНАЛИЗА ОТХОДОВ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА ПРИМЕРЕ УНАЛЬСКОГО ХВОСТОХРАНИЛИЩА <i>Каманина И.З., Пухаева Н.Е., Густова М.В., Фронтасьева М.В., Чигоева Д.Н., Каплина С.П.</i>	142
ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЛИТОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПЕСЧАНЫХ МАССИВОВ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ <i>Константинов А.О., Лойко С.В., Курасова А.О., Кулижский С.П.</i>	151
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРИРОДНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ НА ОТВЕСНЫХ ГРАНИЦАХ ШАХТНОГО ПОЛЯ ПО ИЗМЕРЕННЫМ ГОРИЗОНТАЛЬНЫМ СДВИЖЕНИЯМ ДНЕВНОЙ ПОВЕРХНОСТИ <i>Кравчук А.С., Смалюк А.Ф., Славашиевич С.И., Мисников В.А.</i>	157
ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ТОРФА – ОСНОВА РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ТИПИЧНЫХ ВЕРХОВЫХ БОЛОТ СЕВЕРО-ЗАПАДА РОССИИ <i>Кузнецова И.А., Ларионов Н.С.</i>	165
ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЁННОСТИ ВОДНЫХ МАСС И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОДОЁМОВ-ОХЛАДИТЕЛЕЙ КАЛИНИНСКОЙ АЭС ТЯЖЁЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ <i>Кузовлев В.В., Григорьева И.Л., Комиссаров А.Б., Чекмарёва Е.А.</i>	171
МОНИТОРИНГ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ТЕРРИТОРИИ КРАСНОЯРСКА И ОКРЕСТНОСТЕЙ НА ОСНОВЕ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ LANDSAT-8 <i>Матушко А.К., Якубайлик О.Э.</i>	177
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПУТНИКОВЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЙ В ИЗУЧЕНИИ РЕЖИМА ЗАТОПЛЕНИЯ И СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ЛИМАНОВ <i>Онаев М.К., Туктаров Р.Б., Тарбаев В.А., Гафуров Р.Р.</i>	183
АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РЕГИОНАХ РОССИЙСКОГО ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА <i>Степанько Н.Г.</i>	189

ПОТОКИ ВЕЩЕСТВА ИЗ АТМОСФЕРЫ В БЕРЕГОВУЮ ЗОНУ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАЛТИЙСКОГО МОРЯ <i>Топчая В.Ю., Чечко В.А.</i>	194
ХАРАКТЕРИСТИКА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РЕЧНЫХ ВОД НА ТЕРРИТОРИИ И В ОКРЕСТНОСТЯХ ГОРОДА ЧИТЫ <i>Усманова Л.И.</i>	200

Научный обзор

Науки о Земле (25.00.00)

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ И ЦИФРОВАЯ МЕЛИОРАЦИЯ: МЕТОДИЧЕСКИЙ АСПЕКТ <i>Напрасников А.Т.</i>	209
---	-----

УДК 556.5:574.5

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЁННОСТИ ВОДНЫХ МАСС И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОДОЁМОВ-ОХЛАДИТЕЛЕЙ КАЛИНИНСКОЙ АЭС ТЯЖЁЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

¹Кузовлев В.В., ²Григорьева И.Л., ²Комиссаров А.Б., ²Чекмарёва Е.А.

¹ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», Тверь, e-mail: v_kuzovlev@mail.ru;

²Иваньковская НИС – филиал ФГБНУ Институт водных проблем Российской академии наук, Тверская область, Конаково, e-mail: Irina_Grigorieva@list.ru

Дана гидрохимическая характеристика водоемов-охладителей Калининской АЭС по результатам исследований в 2014 и 2017 гг. Установлено, что воды озер относятся к гидрокарбонатному классу кальциевой группы, по степени минерализации являются пресными, по величинам жесткости – мягкими, по значениям pH – слабощелочными и щелочными. Приведены результаты натурных исследований содержания ряда тяжелых металлов (железо общее, марганец, медь, цинк, свинец, кадмий, хром) в воде и донных отложениях озер-охладителей Калининской АЭС Песво и Удомля, а также фоновых озер Наволок и Кезадра. Исследования выполнялись осенью 2010 г. и летом и осенью 2017 г., отбор проб воды производился из поверхностного горизонта. В 2017 г. предельно допустимые концентрации (ПДК) для рыбохозяйственных водоемов были превышены в воде озер-охладителей для таких ингредиентов, как железо общее, марганец, медь, свинец, цинк. Зафиксировано, что произошло снижение в воде средних концентраций железа общего и меди в 2017 г. по сравнению с 2010 г. Отмечено, что максимальные концентрации железа общего, меди и свинца в воде озер наблюдаются в летний период. Концентрации хрома, кадмия, кобальта, никеля не превышали ПДК для рыбохозяйственных водоемов. Высокие концентрации железа общего и марганца в воде можно объяснить высокой степенью заболоченности водосборного бассейна. Установлено, что уровень загрязнения ДО водорастворимыми формами металлов – слабый, а экологическая обстановка – допустимая. Вторичное загрязнение воды химическими соединениями возможно в результате взмучивания донных отложений по направлению течений в озерах, в местах сброса сточных вод и впадения притоков.

Ключевые слова: Калининская АЭС, тяжелые металлы, водная масса, донные отложения, озера Песво, Удомля, Наволок, Кезадра

ASSESSMENT OF POLLUTION WITH HEAVY METALS OF WATER AND BOTTOM SEDIMENTS OF THE COOLER-PONDS OF THE KALININ NUCLEAR POWER PLANT

¹Kuzovlev V.V., ²Grigoreva I.L., ²Komissarov A.B., ²Chekmareva E.A.

¹Tver State Technical University, Tver, e-mail: v_kuzovlev@mail.ru;

²Ivankovskaya Research Station the Department of Water Problems Institute of Russian Academy of Science, Konakovo, Tver region, e-mail: Irina_Grigorieva@list.ru

The hydrochemical characteristic of cooler-ponds of Kalinin NPP on the results of studies in 2014 and 2017 were given. It is established that water of lakes belong to the hydrocarbonate class of calcium group, the degree of mineralization is fresh, the quantities of hardness – soft, pH – slightly alkaline and alkaline. The results of field studies of the content of a number of heavy metals (iron, manganese, copper, zinc, lead, cadmium, chromium) in water and bottom sediments of cooler-ponds Pesvo and Udomlya, as well as background lakes Navolok and Kezadra. Studies were carried out in autumn 2010 and summer and autumn 2017, water sampling was carried out at 9 points in the cooling-lakes from the surface horizon. In 2017 the maximum allowable concentration (MAC) for fishery water objects are exceeded in water of the cooling-lakes for such ingredients as iron total, manganese, copper, lead, zinc. It was recorded that there was a decrease in the average concentrations of total iron and copper in water in 2017 compared to 2010. It was noted that the maximum concentrations of total iron, copper and lead in the water of lakes are observed in the summer. Concentrations of chromium, cadmium, cobalt, nickel did not exceed MAC for fishery water bodies. High concentrations of total iron and manganese in water can be explained by the high degree of wetland catchment. It is established that the level of pollution of water-soluble forms of metals and ecological situation-admissible. Secondary pollution of water by chemical compounds is possible as a result of bottom sediments in the direction of currents in lakes, in places of wastewater discharge and inflow.

Keywords: Kalinin NPP, heavy metals, water mass, bottom sediments, lakes Pesvo, Udomlya, Navolok, Kezadra

Одним из значительных по действию и наиболее распространенным химическим загрязнением окружающей среды является загрязнение тяжелыми металлами. В качестве токсикантов в водоемах обычно встречаются ртуть, свинец, кадмий, олово, цинк, марганец, никель, медь, которые в определенных концентрациях могут ока-

зывать отрицательное действие на гидробионтов. Оценка загрязненности водных масс и донных отложений (ДО) водоемов тяжелыми металлами важна для оценки их экологического состояния. В условиях теплового загрязнения водоемов токсичность загрязняющих веществ может усиливаться.

Цель исследования: изучение содержания тяжелых металлов в водных массах и донных отложениях озер Песьво и Удомля, которые являются водоемами-охладителями Калининской АЭС.

Материалы и методы исследования

Оценка загрязненности воды и донных отложений водоемов-охладителей тяжелыми металлами проводилась по результатам исследований, выполненных авторами в сентябре 2010 г. и июле и октябре 2017 г. Пробы воды отбирали из поверхностного слоя воды согласно ГОСТ 31861-2012 [1]. Для отбора проб ДО использовали дночерпатель ДЧ-0.025. Этот

дночерпатель предназначен для отбора смешанной пробы с поверхностного слоя грунта с нарушением стратификации слоев (ГОСТ 17.1.5.01-80 [2]). Всего было отобрано 40 проб воды и 10 проб донных отложений.

Определение металлов в пробах воды и ДО производилось на атомно-абсорбционном спектрофотометре AA-6800F (производитель корпорация SHIMADZU, Япония) в аттестованной химической лаборатории Ивановской НИС – филиале Института водных проблем РАН. Определение макрокомпонентов производилось в той же лаборатории.

Точки отбора проб воды и донных отложений в 2017 г. представлены на рисунке.



Карта-схема озер-охладителей Удомля и Песьво. Точки отбора: пробы воды: 1 – отводящий канал от КАЭС в оз. Песьво; 2 – оз. Песьво, выпуск с о/с г. Удомли; 3 – отводящий канал от КАЭС в оз. Удомля; 4 – протока из оз. Песьво в оз. Удомля, «Троица»; 5 – исток р. Съежа; 6 – оз. Удомля, «Чайка» (уст. р. Тихомандрицы); 7 – оз. Удомля, о. Двиново; 8 – оз. Песьво, д. Митрошино; 9 – оз. Песьво, д. Каменка (уст. р. Съюча).

■ – пробы донных отложений: 1 – д. Стан (ист. р. Съежа), 2 – оз. Песьво, выпуск с о/с г. Удомли

**Результаты исследования
и их обсуждение**

Калининская АЭС расположена на севере Тверской области, примерно в 120 км от г. Твери. Площадка АЭС находится на южном берегу оз. Удомля, около одноименного города, в 2,7 км восточнее оз. Песьво. Озера соединены между собой прорезью. В озеро Песьво поступают сточные воды от г. Удомли, численность населения которого составляет 29 тыс. чел. Озера также используются для товарного рыборазведения и в рекреационных целях местным населением. Станция состоит из четырех энергоблоков с реакторами типа ВВЭР-1000 электрической мощностью 1000 МВт, которые были введены в промышленную эксплуатацию в 1984, 1986, 2004 и 2011 гг.

Изучение химического состава воды и донных отложений проводилось не только на водоемах-охладителях Калининской АЭС (озерах Песьво и Удомля), но и на фоновых озерах (Наволоки и Кезадра) (табл. 1). Аналогом мелководного озера-охладителя Песьво служит мелководное озеро Наволок, глубоководного озера-охладителя Удомля – глубоководное озеро Кезадра.

Озера Удомля и Песьво соединены между собой короткой протокой (длиной около 100 м и шириной 60 м) и с 1984 г., после строительства Калининской АЭС, используются в качестве единого водоема-охладителя. Водоем носит название водохранилища Калининской АЭС общей площадью водного зеркала 21,2 км². Водосборная площадь водохранилища 400 км².

Исследования авторов в 2010 и 2014 гг. [5–7] показали, что химический состав воды в водоемах-охладителях Калининской АЭС практически однороден по большинству показателей, отличия наблюдаются в районе выпуска коммунально-бытовых и промышленных сточных вод от г. Удомли. На большинстве стан-

ций отмечаются превышения температуры воды относительно естественного фона на 6–10 °С в период открытой воды. Воды озер относятся к гидрокарбонатному классу кальциевой группы, по степени минерализации являются пресными, по величинам жесткости – мягкими, по значениям рН – слабощелочными и щелочными. Слабощелочные воды формируются при разложении органических веществ и поступлении угольной и других органических кислот. Кислородный режим благоприятный: концентрация растворенного кислорода постоянно находится выше установленных норм для зимнего (не менее 4 мгО₂/дм³) и летнего (не менее 6 мгО₂/дм³) периодов. Концентрации биогенных элементов (ионы аммония, нитратов, общего фосфора) и показателей содержания органических веществ (перманганатная (ПО) и бихроматная окисляемость (ХПК), БПК₅) на большинстве станций не превышают ПДК_{рыб-хоз}. Концентрации общего фосфора, аммонийного азота, нитритов и нитратов, значительно превышающие ПДК, наблюдаются в районе выпуска сточных вод от г. Удомля.

Сравнительный анализ гидрохимических характеристик озер-охладителей и оз. Наволок показал, что для водной массы водохранилища Калининской АЭС характерны более высокие значения рН, жесткости, щелочности и минерализации воды, чем в фоновом озере Наволок. В озерах-охладителях концентрации сульфатов примерно в три раза выше, чем в оз. Наволок. Летом концентрации хлоридов в озерах-охладителях выше, чем в оз. Наволок, в 15 раз. Более высокие концентрации железа общего, общего фосфора и нитратов, цветности, ПО и ХПК, наоборот, выше в оз. Наволок, чем в озерах-охладителях. Концентрации нитратов, меди и свинца выше в озерах-охладителях, чем в фоновых озерах. Концентрации цинка и хрома примерно равны во всех озерах.

Таблица 1

Параметры озер в районе Калининской АЭС, по [3, 4]

Тип и название водного объекта	Площадь водоема, км ²	Водосборная площадь, км ²	Глубина сред./max, м	
Водохранилище КАЭС, в том числе:				
1	Озеро Удомля	10,1	400	10/38
2	Озеро Песьво	6,3	128	2,7/5,2
	Озеро Кезадра	8,7	120	5,6/20,7
	Озеро Наволок	12,5	105	2,3/3,4

В [8] отмечено, что с момента пуска АЭС в озерах-охладителях достоверно увеличились концентрации гидрокарбонатов, сульфатов, кальция и магния и рН, что подтверждено и нашими исследованиями. В 1990-х гг. значения ПО в воде колебались в интервале 7,9–16,3 мгО/дм³. По нашим данным значения ПО в озерах в настоящее время варьируют в интервале 11–18 мгО/дм³, что ниже, чем в фоновом озере Наволок.

В ходе исследований 2017 г. установлено, что железо переносится водной средой из фоновых озер Наволок и Кезадра (диапазон концентраций от 0,2 до 0,5 мг/дм³) с нейтральным рН в слабощелочные воды озер-охладителей Песьво и Удомля (концентрации менее 0,1 мг/дм³), где происходит его осаждение.

Исследования показали, что концентрации микроэлементов в поверхностных водах озер изменяются в интервале: меди – от 0,0014 (оз. Кезадра) до 0,0142 (оз. Песьво, д. Митрошино) мг/дм³, свинца – от 0,0022 (оз. Кезадра) до 0,0146 (отводящий канал в оз. Песьво; исток р. Съежа) мг/дм³, цинка – от 0,0071 (отводящий канал в оз. Удомля) до 0,1292 (оз. Песьво, г. Удомля), хрома от 0,0 (оз. Удомля, о. Двиново) до 0,037 (исток р. Съежа).

Максимальные концентрации железа общего отмечены в северной части оз. Удомля и юго-западной части оз. Песьво (район впадения р. Съючи), а также в озерах Наволок и Кезадра; марганца – в оз. Песьво (район г. Удомля) и оз. Наволок; меди – в оз. Удомля и Песьво по всем точкам наблюдения водных масс, задействованных в цикле охлаждения производственных вод; свинца – в районе очистных сооружений г. Удомли и отводящего канала от АЭС в оз. Песьво, в истоке р. Съежи; цинка –

в районе очистных сооружений г. Удомли и в устье р. Съючи.

Сравнительный анализ микрокомпонентного состава выявил увеличение средних концентраций железа общего, марганца, свинца и цинка в 2017 г. по сравнению с 2010 г. и снижение концентрации меди (табл. 2).

Благодаря высокой температуре и слабощелочному рН в водной среде происходит активная миграция меди, свинца и цинка природного и антропогенного происхождения, концентрации хрома не превышают региональных фоновых концентраций [9].

Механический состав донных отложений озер представлен: заиленными сапропелями мощностью слоя 10–30 см, занимающими площадь около 4 км² (38 % площади оз. Песьво, 66 % – оз. Удомля); серыми илами, распространенными на площади в 3,2 км² оз. Песьво (31 %); песками площадью 2,8 км² на оз. Песьво (27 %) и 1,6 км² на оз. Удомля (25 %); отложениями из макрофитов мощностью слоя 5–30 см на площади около 0,2 км² (2 %); остальные отложения – затопленные почвы, отторфованный ил, супеси и суглинки. Чаще можно наблюдать сочетание донных отложений, формирующих грунтовые комплексы в устьях рек [10].

Химический анализ проб ДО, отобранных летом 2017 г., показал, что в ДО озер Кезадра и Наволок наблюдались концентрации железа общего в 1,5–6 раз выше, чем в озерах Удомля и Песьво. Концентрации сульфатов в ДО озер Кезадра и Песьво были близки между собой, а в озере Наволок – в 2–4 раза выше по сравнению с остальными озерами. Концентрации хлоридов в оз. Песьво в районе сброса сточных вод от г. Удомля превышали природный фон более чем в 4 раза.

Таблица 2

Микрокомпонентный состав воды озер Песьво и Удомля (в числителе – минимум и максимум, в знаменателе – среднее), 2010 г. [5], 2017 г. [по данным авторов]

Ингредиент	Значение, мг/дм ³		ПДК _{рыб.}
	2010 г.	2017 г.	
Железо общее	$\frac{0,02-0,15}{0,027}$	$\frac{0,04-0,58}{0,119}$	0,1
Марганец	$\frac{0,0006-0,0109}{0,0007}$	$\frac{0,02-0,17}{0,044}$	0,01
Медь	$\frac{0,029-0,038}{0,031}$	$\frac{0,0024-0,0142}{0,010}$	0,001
Свинец	$\frac{0,00008-0,00135}{0,00014}$	$\frac{0,006-0,0146}{0,0099}$	0,006
Цинк	$\frac{0,0022-0,0239}{0,0057}$	$\frac{0,0071-0,1292}{0,0323}$	0,01

Таблица 3

Значения (мг/100 г) / коэффициенты (Кс) концентрации водорастворимых форм тяжелых металлов в пробах донных отложений изученных озер (лето 2017 г.)

Место отбора	Cu	Zn	Fe
оз. Кезадра	0,035/1,0	0,221/5,9	-/5,7
оз. Наволок	0,061/1,7	0,214/5,8	-/-
оз. Песьво/сброс сточных вод	0,615/17,6	0,037/1,0	-/3,7
оз. Удомля/исток р. Съежа	0,103/2,9	0,050/1,4	-/1,0

Выявлено, что в озерах-охладителях в ДО концентрации меди выше, чем в ДО фоновых озер, а концентрации цинка, наоборот, выше в ДО фоновых озер (табл. 3).

Формулы геохимических ассоциаций для исследованных озер: $Zn_{5,9}-Fe_{5,7}$ (о. Наволок и о. Кезадра), $Cu_{10,3}-Fe_{2,4}$ (о. Песьво и о. Удомля). Содержание свинца и хрома в донных отложениях в 2017 г. не было обнаружено. Возможно, это связано с отложением этих элементов глубже по профилю распределения донных отложений, а также накоплением их в биоте озер.

В различные годы оценка содержания микроэлементов в донных отложениях озер Удомля и Песьво проводилась путем сравнения концентрации элементов с их средним содержанием в осадочных породах – кларком (2000 и 2002 гг.) [10], либо с использованием фонового содержания в озерах Наволок и Кезадра (2017 г.). Концентрации микроэлементов в ДО в 2017 г. были около или равны кларку (фону) для марганца, молибдена, свинца, селена, олова, меди, цинка, железа общего [10], около или равны для цинка и железа общего.

В 2000 и 2002 г. [10] в ДО были определены концентрации цинка, бериллия, кадмия, а в 2017 г. меди выше кларка (фона).

Согласно суммарному показателю загрязнения Z_c , отражающему аддитивное превышение фонового уровня группой ассоциирующихся элементов, уровень загрязнения ДО подвижными формами металлов – слабый, а экологическая обстановка – допустимая [9].

Выводы

В озерах Песьво и Удомля формируется особый гидрохимический режим, характерный для природно-техногенных объектов. Слабощелочные, подогретые воды озер с высокими концентрациями главных ионов (гидрокарбонатов, кальция, магния, сульфатов и хлоридов) создают условия для активной миграции меди, свинца и цинка, осаждения железа.

Анализ микрокомпонентного состава воды и донных отложений озер Песьво и Удомля за 2010 и 2017 гг. (табл. 2) показал, что:

– предельно допустимые концентрации (ПДК) для рыбохозяйственных водоемов

превышены в воде озер-охладителей Калининской АЭС для таких ингредиентов, как: железо общее, марганец, медь, свинец, цинк;

– произошло снижение в воде средних концентраций железа и меди в 2017 г. по сравнению с 2010 г.

– максимальные концентрации железа, меди и свинца наблюдаются в летний период;

– превышения концентраций хрома (2017 г.), кадмия, кобальта, никеля (2010 г.) в сравнении с ПДК_{рыб} не наблюдается.

– поступление железа и марганца связано с природными источниками, в данном случае – заболоченностью водосборной территории.

– уровень загрязнения ДО водорастворимыми формами металлов – слабый, а экологическая обстановка – допустимая;

– возможно вторичное загрязнение воды химическими соединениями посредством взмучивания донных отложений по направлению течений в озерах, в местах сброса сточных вод и впадения рек.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Тверской области в рамках научного проекта № 17-45-690600.

Список литературы

1. ГОСТ 31861-2012 Вода. Общие требования к отбору проб. – М.: Изд-во Стандартиформ, 2013. – 60 с.
2. ГОСТ 17.1.5.01-80. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность. – М.: Изд-во Госстандарт, 1980. – 7 с.
3. Предварительные материалы по оценке воздействия на окружающую среду эксплуатации энергоблоков № 2, 3 Калининской АЭС на мощности реакторной установки 104% от номинальной, г. Удомля, 2013. – 333 с.
4. Государственный водный реестр. URL: <http://www.textual.ru/gvr/> (дата обращения: 10.02.2018).
5. Оценка современного состояния качества воды водоемов-охладителей Калининской АЭС / И.Л. Григорьева [и др.] // Промышленное и гражданское строительство. – 2014. – № 2. – С. 66–69.

6. Григорьева И.Л. Влияние Калининской АЭС на термический и гидрохимический режимы и состояние сообществ фитопланктона водоемов-охладителей / И.Л. Григорьева, А.Б. Комиссаров, Е.А. Чекмарева // Ледовые и термические процессы на водных объектах России: труды V Всероссийской конференции (Владимир: Изд-во РГАУ-МСХА, 11–14 октября 2016 г.). – Москва. 2016. – С. 101–106.

7. Комиссаров А.Б. Гидрохимическая характеристика воды и состояние сообществ фитопланктона водоемов-охладителей Калининской АЭС в 2014 г. / А.Б. Комиссаров, И.Л. Григорьева, Е.А. Чекмарева // Качество воды. Геоэкология: труды VI межд. науч.-практ. конф. (г. Пермь 29 мая – 1 июня 2017 г.). – Пермь: Изд-во Перм. гос. нац. исслед. ун-та, 2017. – Т. 2. – С. 86–91.

8. География Удомельского района. – Тверь: Изд-во РИУ Тверского университета, 1999. – 356 с.

9. Кузовлев В.В. Влияние крупных объектов теплоэнергетики Тверской области на современное гидроэкологическое состояние водоемов-охладителей / В.В. Кузовлев, И.Л. Григорьева, А.Б. Комиссаров, Е.А. Чекмарева // Труды региональных научных проектов Тверской области 2017 года в сфере фундаментальных исследований: сборник научн. трудов. – Тверь: Изд-во Твер. гос. ун-та, 2017. – С. 35–69.

10. Тихомиров О.А. Мониторинг экологического состояния донных отложений водоема-охладителя Калининской АЭС / О.А. Тихомиров, Л.К. Тихомирова // Вестник Тверского государственного университета. Серия: география и геоэкология. – 2007. – № 3. – С. 33–42.

References

1. GOST 31861-2012 Voda. Obshhie trebovaniya k otboru prob. – М.: Изд-во Standartinform, 2013. – 60 p.

2. GOST 17.1.5.01-80. Gidrosfera. Obshhie trebovaniya k otboru prob donny'x otlozhenij vodny'x ob'ektov dlya analiza na zagryaznennost'. – М.: Изд-во Gosstandart, 1980. – 7 p.

3. Predvaritel'ny'e materialy' po ocenke vozdejstviya na okruzhayushhuyu sredu e'ksploatatsii e'nergoblokov № 2, 3

Kalininskoj AE'S na moshhnosti reaktornoj ustanovki 104% ot nominal'noj, g. Udomlya, 2013. – 333 p.

4. Gosudarstvenny'j vodny'j reestr. URL: <http://www.http://textual.ru/gvr/> (data obrashheniya: 10.02.2018).

5. Ocenka sovremennogo sostoyaniya kachestva vody' vodoyemov-oxladitelej Kalininskoj AE'S / I.L. Grigor'eva [i dr.] // Promy'shlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. – 2014. – № 2. – pp. 66–69.

6. Grigor'eva I.L. Vliyanie Kalininskoj AE'S na termicheskij i gidroximicheskij rezhimij i sostoyanie soobshhestv fitoplanktona vodoemov-oxladitelej / I.L. Grigor'eva, A.B. Komissarov, E.A. Chekmareva // Ledovy'e i termicheskie processy na vodny'x ob'ektax Rossii: trudy' V Vserossijskoj konferencii (Vladimir: Izd-vo RGAU-MSXA, 11–14 oktyabrya 2016 g.). – Moskva. 2016. – pp. 101–106.

7. Komissarov A.B. Gidroximicheskaya karakteristika vody' i sostoyanie soobshhestv fitoplanktona vodoemov-oxladitelej Kalininskoj AE'S v 2014 g. / A.B. Komissarov, I.L. Grigor'eva, E.A. Chekmareva // Kachestvo vody'. Geo'kologiya: trudy' VI mezhd. nauch.-prakt. konf. (g. Perm' 29 maya – 1 iyunya 2017 g.). – Perm': Izd-vo Perm. gos. nacz. issled. un-t. 2017. – T. 2. – pp. 86–91.

8. Geografiya Udomel'skogo rajona. – Tver': Izd-vo RIU Tverskogo universiteta, 1999. – 356 p.

9. Kuzovlev V.V. Vliyanie krupny'x ob'ektov teploe'nergetiki Tverskoj oblasti na sovremennoe gidro'kologicheskoe sostoyanie vodoemov-oxladitelej / V.V. Kuzovlev, I.L. Grigor'eva, A.B. Komissarov, E.A. Chekmareva // Trudy' regional'ny'x nauchny'x projektov Tverskoj oblasti 2017 goda v sfere fundamental'ny'x issledovanij: sbornik nauchn. trudov. – Tver': Izd-vo Tver. gos. un-ta, 2017. – pp. 35–69.

10. Tixomirov O.A. Monitoring e'kologicheskogo sostoyaniya donny'x otlozhenij vodoema-oxladitelya Kalininskoj AE'S / O.A. Tixomirov, L.K. Tixomirova // Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: geografiya i geo'kologiya. – 2007. – № 3. – pp. 33–42.