

СПЕЦИАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА

Николай Владимирович Коломийцев

SPIN-код: 6298-6146, AuthorID: 546333

e-mail: kolomiytsev@vniigim.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт имени А.Н. Костякова, Москва

Борис Игоревич Корженевский

SPIN-код: 4475-8455, AuthorID: 350982

e-mail: kolomiytsev@vniigim.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт имени А.Н. Костякова, Москва

Глеб Юрьевич Толкачёв

SPIN-код: 7258-6870, AuthorID: 70414

e-mail: k-26@yandex.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт имени А.Н. Костякова, Москва

Наталья Олеговна Гетьман

e-mail: jene.get@yandex.ru

Всероссийский научно-исследовательский институт имени А.Н. Костякова, Москва

Проблема загрязнения водных бассейнов тяжелыми металлами до сих пор остается актуальной. Требуют решения такие вопросы, как отсутствие ПДК для загрязнения, отсутствие регламентированного подхода к отбору проб для тестирования, использование различных подходов к рассмотрению комплекса загрязнителей и др. В связи с этим учитывается опыт работ и их результаты за последние 10–15 лет. Для систематизации исследований выделены объекты различных иерархических уровней на основании долговременных экспериментальных работ в пределах Волжского бассейна. Наиболее крупным таксоном является чаша водохранилища с прилегающей к ней приводораздельной территорией с расположенными на ней городами и посёлками, притоками различных порядков, более мелкими элементами природного и природно-техногенного рельефа. Меньшими по площади, но не по роли в загрязнении водных объектов являются городские и поселковые агломерации, расположенные на побережьях водохранилищ и незарегулированных участках, приводораздельных территориях. Определенную «лепту» в загрязнение/очистку приносят малые реки, которые способствуют поступлению как чистого, так и загрязнённого иловатого материала в большие водотоки. Обоснована приводимая таксономия. Для различных по иерархии таксонов предлагаются различные площадные и временные режимы обследований. Приводятся полученные на практике результаты специальных исследований на наиболее малых участках, описаны или представлены ссылки на методики, использовавшиеся при проведении экспериментов. Для каждого объекта исследований рассматривались пять основных позиций: 1 – объект исследований, 2 – предмет исследований, 3 – методика (структура исследований), 4 – результаты исследований, 5 – обсуждение (интерпретация) полученных результатов. Представлена общая картина загрязнения и отмечены тенденции ее изменения в пространстве и во времени.

Ключевые слова: мониторинг, загрязнение тяжелыми металлами, таксоны, участки различных категорий, донные отложения, водные объекты.

Экология и природопользование
Коломийцев Н.В., Корженевский Б.И., Толкачев Г.Ю., Гетьман Н.О.

SPECIAL MONITORING OF HEAVY METAL POLLUTION IN THE BOTTOM SEDIMENTS OF WATER OBJECTS

Nikolay V. Kolomytsev

SPIN-code: 6298-6146, AuthorID: 546333

e-mail: kolomytsev@vniigim.ru

All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Moscow

Boris I. Korzhenevskiy

SPIN-code: 4475-8455, AuthorID: 350982

e-mail: kolomytsev@vniigim.ru

All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Moscow

Gleb Yu. Tolkachev

SPIN-code: 7258-6870, AuthorID: 70414

e-mail: k-26@yandex.ru

All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Moscow

Natalia O. Getman

e-mail: jene.get@yandex.ru

All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Moscow

The problem of water basins pollution with heavy metals remains topical nowadays. There are a number of outstanding questions, such as the lack of maximum allowable concentration for pollutants, the lack of a regulated approach to test sampling, different approaches to the consideration of a set of pollutants, and others. The paper reviews research works in this area over the last 10–15 years and presents their results. To systematize the research on pollution, there were selected objects of different hierarchical levels on the basis of long-term experimental works within the Volga basin. The largest taxon is the bowl of the reservoir with the adjacent territory with the cities and settlements located on it, tributaries of different orders, and small elements of natural and man-made relief. Urban and settlement agglomerations located on the banks of reservoirs and unregulated areas of rivers in the watershed territories are smaller in area, but not in their role in polluting water bodies. Some contribution to pollution/purification is made by small rivers as they can supply both clean and contaminated silt material into large watercourses. Different area and time modes of surveys are offered for taxa different in hierarchy. The results of special practical investigations in the smallest areas are presented, the methods used in the experiments are described. For each object of research, five main positions were considered: 1 – the object of research, 2 – the subject of research, 3 – the methodology (structure of research), 4 – the results of research, 5-discussion (interpretation) of the results. The picture of pollution is presented, the tendencies of its change in the environment and time are identified.

Keywords: monitoring, heavy metal pollution, taxa, sites of different categories, sediments, water objects.

Введение

Мониторинг донных отложений (ДО) является важнейшим аспектом изучения экологического состояния водных объектов. ДО водных объектов играют роль аккумулятора, трансформатора техногенного воздействия [18] и являются индикатором его уровня [16]. В них формируются комплексные литогеохимические аномалии [21]. Основными методическими проблемами при изучении ДО являются: 1) учет различий проб ДО по механическому составу и 2) учет качественного состава минералов глинистой фракции. Учет различий проб ДО по механическому составу является основополагающим методическим принципом, позволяющим оптимизировать количество проб в соответствии с гидрологией водного объекта. Для оптимизации исследований на каждом изучаемом объекте рассматривались 5 позиций: 1 – объект исследований, 2 – предмет исследований, 3 – методика (структура исследований), 4 – результаты исследований, 5 – обсуждение (интерпретация) полученных результатов.

Экология и природопользование
Коломийцев Н.В., Корженевский Б.И., Толкачев Г.Ю., Гетьман Н.О.

Обоснование выбора сети наблюдений

В настоящее время бассейн р. Волги представляет собой каскад водохранилищ с различными гидрологическими и природно-техногенными режимами существования. Для мониторинга были выделены участки трёх категорий по природно-техногенным признакам; участки IV категории – для специальных наблюдений. Основные позиции мониторинга авторами изложены в [12]. Их краткое содержание следующее.

К участкам I категории относятся чаши водохранилищ с сопредельными склонами, на которых расположены промышленные и селитебные зоны, сельхозугодья и прочие техногенные объекты. Само водохранилище характеризуется промывным режимом ниже водопропускных сооружений вышерасположенного гидроузла, режимом транзита и локального накопления тяжелых металлов (ТМ) в средней части и мощной седиментационной зоной ТМ в приплотинной части. Свою лепту в загрязнение привносят города, промзоны и притоки. Эти объекты могут способствовать очищающему эффекту, являясь фактором разбавления загрязненных отложений более чистыми наносами. Для оценки общей тенденции загрязнения ДО целесообразно повторять исследования в водохранилищах один раз в 5–10 лет [12].

На основании мониторинга на участках I категории выделяются участки II категории – те, на которых фоновые значения по ТМ превышены в несколько раз. К таким участкам относятся как города с промзонами, расположенные на берегах Волги, например Тверь, Ярославль, Кострома, Нижний Новгород и др., так и расположенные на притоках различных порядков, например Щелково, Ногинск и Владимир на Клязьме, Подольск на Пахре. Фоновые значения по ряду металлов в ДО р.Москвы превышены в десятки раз ниже по течению одноименного города [16]. На подобных участках наблюдения необходимо осуществлять ежегодно. Такие исследования позволяют оценивать результаты применения природоохранных мероприятий как отдельными предприятиями, так и в целом в пределах промышленных и селитебных зон.

К участкам III категории отнесены условно чистые малые реки, роль которых в загрязнении, как правило, незначительна [12]. В отдельных случаях при привносе ими чистых наносов происходит очищение загрязненных зон в водном объекте, в который они впадают. Малые реки с промышленными зонами и объектами целесообразно относить к участкам II или IV категориям. На участках III категории при отсутствии сильной экспансии человека повторение наблюдений один раз в 5–10 лет считается достаточным. При поступлении загрязнителей в водоток частоту наблюдений следует увеличивать до 1 раза в год. На участках I–III категорий мониторинг отвечает на общие вопросы загрязнения ДО ТМ. На участках спецнаблюдений (IV категории) могут изучаться как специально поставленные научные задачи, так и более детальные аспекты загрязнения водных объектов [11; 13; 19].

Обоснование выбора пунктов опробования

Отбор проб ДО осуществляется в зависимости от целей исследований. Водный объект разбивается на серию створов. При наличии поймы створ распространяется и на ее периодически затопляемую часть. Пробы ДО в каждом створе должны характеризовать водный объект или его часть за определенный промежуток времени. Объем отобранной пробы должен быть достаточным для выполнения запланированных аналитических лабораторных исследований. В каждом створе отбирается 1–3 пробы в зависимости от гидрологических характеристик и их особенностей на данном участке водного объекта. При использовании методики [16; 23] достаточно отбирать пробы весом 300–500 г. Известно, что верхние 3–5 см донных отложений характеризуют загрязненность водного объекта за последние 3–12 месяцев [16; 23]. При распределении загрязняющих веществ по глубине, а также при изучении изменения характера загрязнения по годам отбирают керны ДО

ненарушенного сложения. При длительном хранении пробы рекомендуется замораживать до -20°C [16].

Обоснование точек отбора не носит унифицированного характера, так как участки различных категорий являются в некоторой степени уникальными и требуют индивидуального подхода. В целом необходимо соблюдать следующие принципы [12; 13]:

– на участках I категории при первичных обследованиях необходимо опробовать 2–4 точки по створам вкост водохранилища или реки на участках ниже промышленно-селитебных агломераций и на условно чистых участках; при повторных отборах следует корректировать пункты опробования в соответствии с целями исследования и результатами предыдущих исследований;

– на участках II категории, т.е. в районах промышленно-гражданского освоения территории, створы опробования следует размещать выше и ниже объекта обследования на первичной стадии с корректировкой или сохранением предыдущих мест опробования в зависимости от полученных результатов [16];

– на участках III категории рекомендуется отбирать несколько проб [16] в наиболее интересных местах малых рек;

– участки IV категории – индивидуальны и здесь специфика отбора проб зависит от цели исследования [11–13].

Приводятся три примера исследований на участках спецнаблюдений, т.е. на участках IV категории: первый – плесы Ивановского водохранилища с индивидуальными режимами загрязнений, второй – на участках слияния рек Москвы и Оки, где загрязнение исследовалось по глубине, третий – малые реки, пересекающие значимые транспортные магистрали

Пример первый. На Ивановском водохранилище во внутригодовом режиме изучалось содержание Cr, Co, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Pb, Fe, Mn в придонных горизонтах воды, поровых растворах и твёрдой фазе ДО. Исследования проводились на станциях наблюдения «Плоски» и «Шошинский плёс». Станция «Плоски» находится в русловой части водохранилища в створе у д. Плоски – в условиях стандартной скорости течения для данного водоёма. Станция «Шошинский плёс» находится в русловой части Шошинского плёса, 600 м выше автомаста – в условиях замедленного водообмена [1; 2]. Известно, что основное количество подвижных форм биогенных элементов (93–99%) находится в 10-см слое ДО [8; 14]. Отобранные на вышеуказанных плёсах интегральные образцы ДО разделялись на твёрдую фазу и поровый раствор. В твёрдой фазе использовался метод химического фазового анализа, который включал в себя её последовательную обработку тремя селективными вытяжками [19].

1-я вытяжка извлекает обменные и легкорастворимые формы ТМ с помощью ацетатно-аммонийного буферного раствора с $\text{pH} = 4,8$ (108 мл 98% CH_3COOH + 78 мл 25% NH_4OH + 800 мл H_2O). 2-я вытяжка извлекает ТМ, связанные с органическим веществом ДО (используется 30%-ный раствор H_2O_2). 3-я вытяжка извлекает только ТМ, связанные с аморфными гидроксидами Fe и Mn при $\text{pH} = 7,3$ (0,5М лимоннокислый Na + NaHCO_3 + $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$).

Для всех исследуемых элементов, кроме Pb и Cd, концентрация в поровом растворе во все сезоны выше, чем в придонной воде, что указывает на существование постоянного потока вещества из ДО в водную массу. При этом явных закономерностей в изменении разности концентраций между водой и поровым раствором для большинства ТМ не отмечено. Отсутствие корреляции между концентрациями ТМ в воде и поровом растворе может указывать на то, что их химический состав формируется независимо друг от друга под воздействием различных процессов.

Экология и природопользование
Коломийцев Н.В., Корженевский Б.И., Толкачёв Г.Ю., Гетьман Н.О.

Необходимо отметить высокий процент суммы подвижных соединений в твёрдой фазе ДО практически для всех изучаемых элементов [12; 19]. Для ст. «Плоски» особенно высокий процент характерен для Cu, Zn, Cd, Cr, а для ст. «Шошинский плёс» – для Zn, Cd.

На ст. «Плоски» такие элементы, как Co, Cd, Mn, более всего находятся в ионообменных формах, а для Cr, Ni, Pb, Fe эта форма имеет определяющее значение. Почти вся подвижная форма Cu находится в формах, связанных с органическим веществом ДО. Для Cr, Co, Ni, Cd эта форма играет значительную роль. Для Pb, As, Fe наиболее типична форма нахождения, связанная с гидроксидами Fe и Mn, для Co, Ni, Cu, Cd, Mn эта форма практически нетипична. Для Zn все три формы существования имеют одинаковое распределение.

Из полученных данных следует, что Co, Cd, Mn, Cr, Ni, Pb находятся в наиболее подвижных формах в ДО ст. «Плоски». На ст. «Шошинский плёс» закономерности распределения подвижных форм элементов в целом сохраняются. Большая часть Co, Zn, Cd находится в ионообменных формах, для Cr, Ni, Pb, As эта форма играет существенную роль, особенно в зимних условиях. Большая часть подвижной Cu находится в форме, связанной с органическим веществом ДО, а для Cr, Co, Ni, Zn, Cd она имеет существенное значение. Для Pb, As форма, связанная с гидроксидами Fe и Mn, доминирует только в летний период, а зимой и весной резко возрастает значение ионообменных форм. Можно констатировать, что Co, Cd, Zn, а в зимний период и Pb, As находятся в наиболее подвижных формах в ДО ст. «Шошинский плёс».

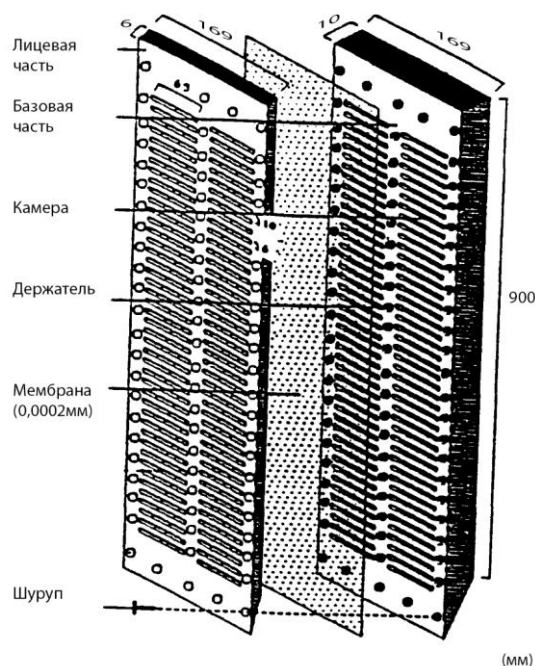


Рис. 1. Конструкция пробоотборника («пипера») поровых вод из донных отложений
Fig.1. The construction of the sampler ('piper') of porewater from bottom sediments

Наибольшей изменчивостью отличаются подвижные формы изученных микроэлементов. Значения коэффициента вариации (C_v) меняются в интервале 0,18–1,04 для станции Плоски (Волжского плёса) и в интервале 0,42–1,06 – для Шошинского плёса для подвижных форм. Следует отметить очень низкие значения C_v для малоподвижных (кристаллических) форм. Значения C_v меняются в интервале 0,001–0,055 для Волжского плёса и в интервале 0,002–0,040 – для Шошинского [19]. Можно сделать вывод, что именно

Экология и природопользование
Коломийцев Н.В., Корженевский Б.И., Толкачев Г.Ю., Гетьман Н.О.

изменение содержания ТМ в подвижных формах способствует изменению их валового содержания в ДО [12].

На обеих станциях температура воды возрастает с марта по август и затем снижается, достигая минимума в зимние месяцы. В мае и в июне наблюдается высокое содержание растворённого кислорода (8–8,5 мг/л) в придонных горизонтах воды на обеих станциях. В июле и августе содержание кислорода существенно понижается до 1,3 мг/л на ст. «Плоски» в июле и 1,6 мг/л на ст. «Шошинский плёс» в августе. Причиной такого существенного снижения является появление устойчивой стратификации в воде. Во время осенней гомотермии в октябре содержание кислорода повышается до 8,5 мг/л. После образования ледового покрова содержание кислорода в придонных горизонтах воды на обеих станциях закономерно снижается, достигая минимума к февралю–марту (2,7–3,3 мг/л). После вскрытия ледового покрова содержание растворённого кислорода в придонных горизонтах быстро увеличивается до 7,5–8,2 мг/л. Таким образом, несмотря на летнее и зимнее понижения содержания растворённого кислорода в придонных горизонтах воды сохраняется окислительная обстановка.

Окислительно-восстановительный потенциал придонных горизонтов вод на станциях колебался в пределах от +340 мВ в зимний период до +410 мВ – в весенний период. Измерение по глубине осадков показало, что в пределах 3 см существует окисленный слой с величиной $E_h = 70–80$ мВ, а глубже наблюдается восстановительная обстановка. На глубине 10–12 см $E_h = -170–180$ мВ. Реакция придонного горизонта вод и порового раствора в течение года остаётся на уровне нейтральной и слабощелочной с незначительной амплитудой колебания, что свидетельствует об отсутствии резких сезонных изменений таких показателей среды, как окислительно-восстановительный потенциал и рН.

Таблица 1

Концентрации тяжелых металлов в донных отложениях реки Москвы в месте отбора поровых вод
 The concentrations of heavy metals in bottom sediments of the Moscow River at the porewater sampling point

Глубина, см	Металл									
	Cu,		Zn,		Cd,		Pb,		Cr,	
	мг/кг		мг/кг		мг/кг		мг/кг		мг/кг	
	вал	<20мм	вал	<20мм	вал	<20мм	вал	<20мм	вал	<20мм
0–4	107	144	336	522	3,54	4,88	70	103	146	182
4–8	103	129	379	529	3,27	4,10	86	102	144	196
8–12	74	128	262	517	2,44	4,16	52	99	116	192
12–16	114	173	348	603	4,28	6,65	71	101	160	234
16–20	70	126	251	531	2,80	5,22	52	102	120	206
20–24	59	107	233	491	2,35	4,67	47	99	106	187
24–28	47	105	175	432	1,60	3,84	39	101	92	180
28–32	49	84	180	394	1,81	3,27	40	88	95	169
32–36	72	103	269	524	2,84	4,19	48	91	124	190
36–40	59	103	248	494	2,18	4,17	42	95	107	191
40–44	60	76	234	351	2,17	2,56	43	71	111	154
44–47	60	93	214	418	1,91	3,15	42	75	116	182

Пример второй. Известно, что во время половодья взмучивается значительная толща иловатых донных отложений, поэтому в ходе специальных исследований был изучен состав донных отложений и поровых вод на глубину до 60 см по методикам [22–24], доработанных во ВНИИГиМ [10; 12]. В качестве объекта исследований были выбраны участки рек Оки и

Экология и природопользование
Коломийцев Н.В., Корженевский Б.И., Толкачев Г.Ю., Гетьман Н.О.

Москвы со значительным накоплением ДО преимущественно в виде илов вблизи г. Коломны. Один расположен вблизи устья р. Москвы у Голутвинского монастыря в г. Коломне, второй – в р. Оке выше устья р. Москвы между автомобильным и железнодорожным мостами. Мощность илов в этих зонах превышает 1 м. Отбор поровых растворов проводился с помощью специальных пробоотборников – «пиперов», предоставленных Институтом геохимии окружающей среды Гейдельбергского университета (ФРГ) (рис. 1). Отличительной особенностью этих пробоотборников является возможность отбора поровых растворов «insitu» без нарушения слоистости толщи ДО. Пробоотборник перед внедрением в ДО заполняется дистиллированной водой. Он внедряется в толщу ДО на 60–70 см и оставляется на 7–10 дней для того, чтобы установилось физико-химическое равновесие между поровым раствором и раствором внутри камер пробоотборника. Верхняя часть, выступающая на 15–20 см над дном, характеризует состав речных вод придонного слоя за этот промежуток времени. Таким образом, одновременно осуществляется отбор поровых вод и вод придонного слоя реки. Параллельно был проведен отбор кернов ДО для послонного (по 4 см) изучения состава твердой фазы ДО. Конструкция пробоотборника позволила изучить состав поровых вод ДО до глубины 60–65 см. В р. Москве керна ДО был отобран до глубины 47 см, в р. Оке – до глубины 44 см. Результаты изучения загрязненности ДО Cu, Zn, Cd, Pb и Cr в общей пробе (вал) и во фракции <0,020 мм приведены в табл. 1 и 2.

Профили состава поровых вод по глубине приведены на рис. 2 и 3. Из результатов исследования следует, что в обеих реках ДО представляют собой анаэробные среды (рис. 2). В р. Москве значения Eh уменьшаются с 160 mV в придонных слоях воды до –65 mV на 1 см глубины ДО. В Оке эти же значения изменяются от 200 mV до –40 mV на глубине 5 см.

Таблица 2

Концентрации тяжелых металлов в донных отложениях р. Оки в месте отбора поровых вод
The concentrations of heavy metals in bottom sediments of the Oka River at the porewater sampling point

Глубина, см	Металл									
	Cu,		Zn,		Cd,		Pb,		Cr,	
	мг/кг		мг/кг		мг/кг		мг/кг		мг/кг	
	вал	<20мм	вал	<20мм	вал	<20мм	вал	<20мм	вал	<20мм
0–4	23	37	89	130	0,81	1,23	12	18	70	111
4–8	20	29	76	108	0,67	0,61	10	16	62	82
8–12	17	34	74	144	0,59	1,20	9	21	54	115
12–16	24	35	98	158	0,81	1,10	13	20	69	108
16–20	21	34	91	143	0,74	1,14	12	19	62	104
20–24	30	35	120	154	1,15	1,16	16	20	82	108
24–28	35	47	147	201	1,98	2,29	18	24	91	125
28–32	32	42	131	181	2,06	2,07	18	25	85	123
32–36	27	36	107	153	1,58	1,80	16	24	71	110
36–40	16	35	58	143	0,88	1,72	9	23	47	103
40–44	3	29	12	117	0,21	0,92	1	19	18	94

Экология и природопользование
 Коломийцев Н.В., Корженевский Б.И., Толкачев Г.Ю., Гетьман Н.О.

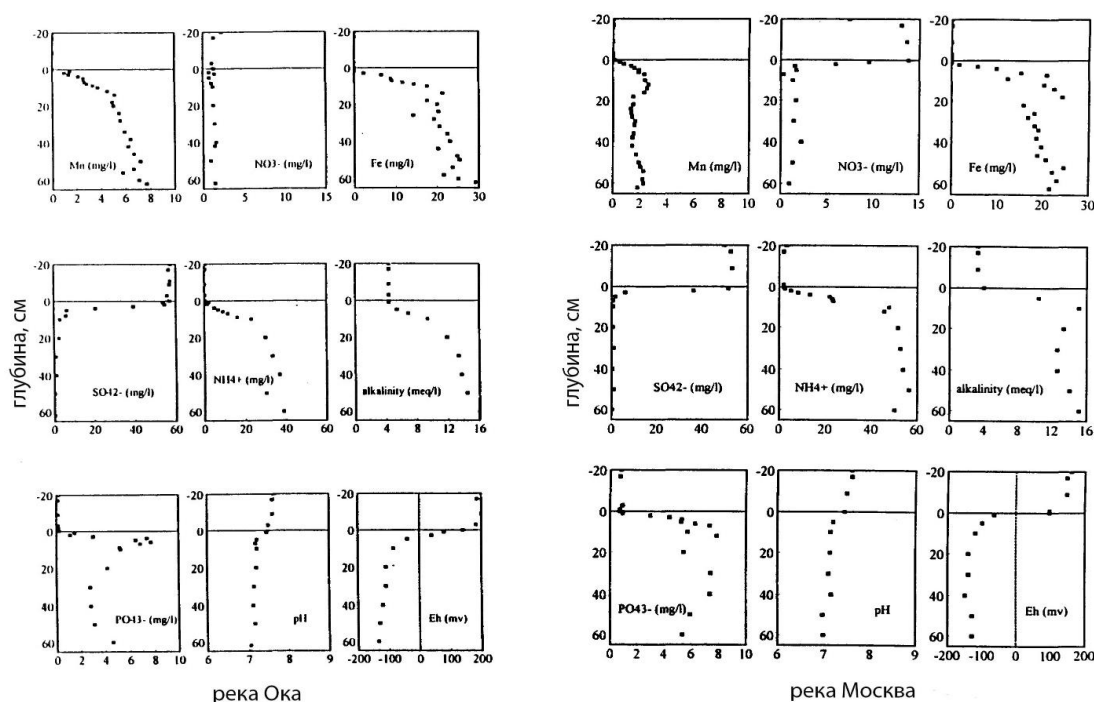


Рис. 2. Содержание тяжелых металлов и биогенных элементов, pH и Eh поровых вод донных отложений рек Оки и Москвы у г. Коломны: 0 – граница между водой и донными отложениями

The concentration of heavy metals and biogenic elements, pH and Eh of the porewater of bottom sediments of the Oka and Moscow Rivers near Kolomna (in the scheme, 0 is the border between water and bottom sediments)

Эти факты связаны с минерализацией органического вещества, уменьшением содержания оксидов Mn и Fe и появлением ионов Mn^{2+} и Fe^{2+} в поровых растворах. Содержание Mn в поровых водах ДО Оки в несколько раз выше, чем в поровых водах ДО р. Москвы. Как результат разложения органического вещества в анаэробных условиях в поровых водах ДО обеих рек появляется значительное количество PO_4^{3-} и NH_4^+ . Максимальные концентрации наблюдаются на глубинах более 20 см и достигают значений 40 мг/л и 55–60 мг/л для Оки и Москвы соответственно. Безусловно, эти значения велики для России, но ниже, чем в ДО германских рек. Например, по данным Г. Мюллера [23], в ДО р. Неккар (правый приток Рейна) значения концентраций ионов аммония колеблются в пределах 40–150 мг/л.

Таблица 3

Концентрации тяжелых металлов во фракции <0,020 мм ДО проблемного участка (слияние рек Оки и Москвы) [11], мг/кг

The concentrations (mg/kg) of heavy metals in a fraction <0.020 mm of bottom sediments of the problem area (the Oka and Moscow Rivers confluence)

Pb, мг/кг		Cd, мг/кг		Hg, мг/кг		Zn, мг/кг		Cu, мг/кг	
р.Москва	р.Ока	р.Москва	р.Ока	р.Москва	р.Ока	р.Москва	р.Ока	р.Москва	р.Ока
81,19	27,34	3,40	1,22	0,53	0,22	460,8	157,6	108,0	41,9
71,51	25,60	2,82	1,00	0,71	0,15	430,8	158,5	98,1	37,8
р. Ока после впадения р. Москвы									
Левый берег	Правый берег	Левый берег	Правый берег	Левый берег	Правый берег	Левый берег	Правый берег	Левый берег	Правый берег
90,47	38,10	3,12	1,52	0,77	0,18	507,8	216,7	116,40	55,91
53,81	40,99	2,40	1,59	0,39	0,30	345,3	255,3	84,67	66,07
46,10	41,78	2,25	1,67	0,29	0,26	282,2	262,5	76,89	65,24

Экология и природопользование
 Коломийцев Н.В., Корженевский Б.И., Толкачев Г.Ю., Гетьман Н.О.

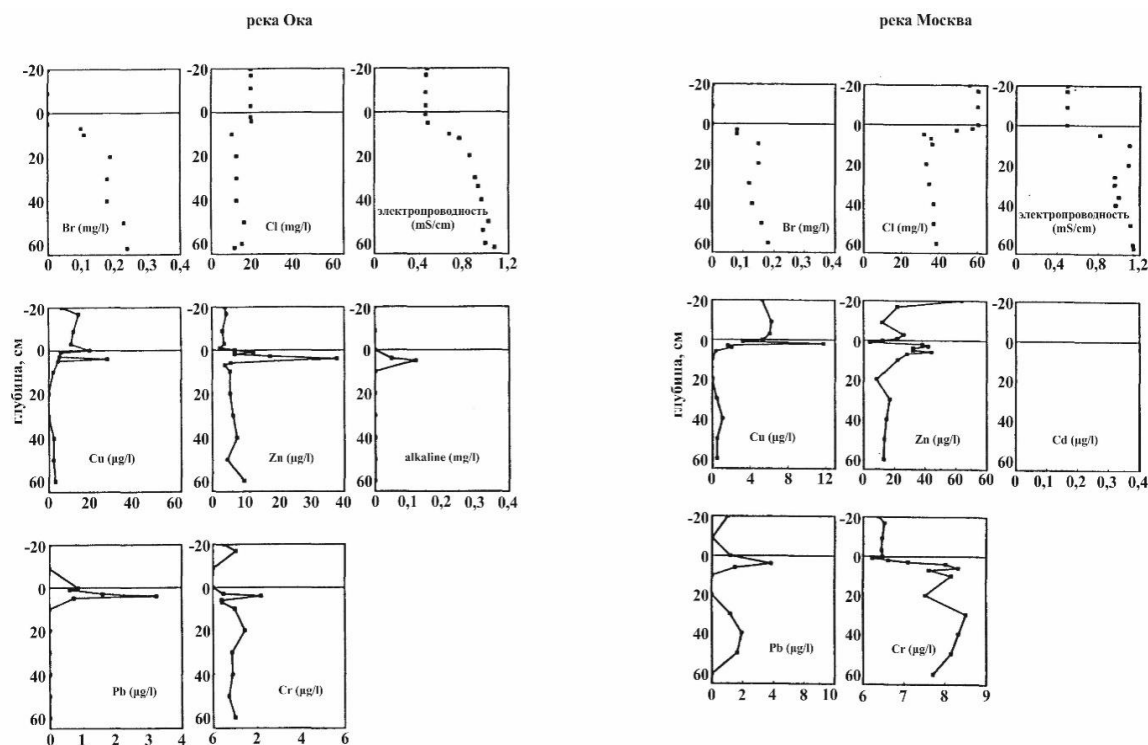


Рис. 3. Электропроводность и состав поровых вод донных отложений рек Оки и Москвы у г. Коломны
 Fig. 3. The electrical conductivity and composition of the porewater of bottom sediments of the Oka and Moscow Rivers near Kolomna

В ДО обеих рек отмечены пики растворимых форм Cu, Zn, Pb и Cd в придонных слоях в верхнем 10-см слое (рис. 3). Растворимые формы Cr существуют практически во всех слоях ДО на изученную глубину, что связано с уменьшением содержания оксидов Fe и Mn.

В районе Коломны, где проводятся сопряженные исследования состава речных вод и ДО, были отобраны, обработаны и проанализированы 2 пробы в р. Москве, 2 – в Оке выше впадения Москвы и 6 проб в р. Оке ниже впадения р. Москвы (по 3 у правого и левого берегов). Результаты определения содержания Pb, Cd, Hg, Zn (элементы 1-го класса опасности по ГОСТ 17.4.1.02-82) и Cu (элемент 2-го класса опасности по ГОСТ 17.4.1.02-82) приведены в табл. 3.

Проведённые исследования позволяют оценить процесс вторичного загрязнения водной среды Оки вследствие взмучивания и переноса загрязненных ДО, которые формируются вблизи устья р. Москвы.

Пример третий. Автомобильный транспорт является общепризнанным источником загрязнения окружающей среды. Основными загрязняющими веществами в сточных водах с автомобильной дороги являются взвешенные вещества, нефтепродукты и тяжелые металлы (Zn, Cd, Pb, Mo, Ni, Cu, Cr и V) [15]. Для ДО крупных рек загрязнение поверхностным стоком с автомобильных дорог незначительно. Но у малых рек кратность разбавления существенно меньше и автотранспортный поток может стать для них опасным источником загрязнения. Для малых рек, где нет крупных промышленных предприятий и густонаселенных городов, автомобильный транспорт часто бывает одним из основных источников загрязнения. Качество воды в этих реках играет важную роль, так как воды этих рек активно используются, а на берегах часто расположены рекреационные зоны [3; 4].

За последние 10–15 лет парк легковых автомобилей в России по состоянию на 28.02.2019 (по данным ООО «Автостат Инфо») вырос на 60%. Существенно увеличилось

Экология и природопользование
Коломийцев Н.В., Корженевский Б.И., Толкачев Г.Ю., Гетьман Н.О.

количество автомобилей в Москве и Московской области. Но при этом дорожная сеть расширялась незначительно. Таким образом, увеличилась транспортная нагрузка на территорию. С 1995 г. она выросла более чем в 2 раза [9]. Из-за резкого роста парка автомобилей и слабого изменения пропускной способности дорог возникли транспортные «пробки». Особенно заметен этот процесс в Московской области, так как это наиболее урбанизированный регион России.

Современные исследования влияния автотранспортных потоков посвящены определению зависимостей загрязнения придорожных почв и растительности [6], способам более эффективной очистки стоков с дорог [5], но исследования по определению связи загрязнения малых рек с параметрами автотранспортных потоков практически не проводятся. Для оценки загрязнения рек используется методика, изложенная в «Рекомендациях по учету требований по охране окружающей среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов» [17]. Она основывается только на учете поверхностного стока с мостов в зависимости от категории дороги, без учета других факторов переноса твердых частиц. Таким образом, она не полностью учитывает изменение параметров транспортных потоков и их воздействие на уровень загрязнения малых рек.

Существует ряд источников загрязнения водных объектов автотранспортом [15]: продукты износа покрытия автомобильной дороги, продукты износа шин, продукты износа фрикционных накладок тормозных колодок и сцепления, продукты коррозии, отработанные масла, капли топлива, щелочи, антифриза, твердые частицы отработавших газов двигателя автомобиля, антигололедные реагенты, потери грузов, перевозимых транспортом, разлив нефтепродуктов в результате ДТП. Количество и концентрации вредных веществ [15], поступающих от этих источников в реки, зависят от интенсивности движения автотранспорта, скоростей движения транспортных средств, их массы, габаритов и типов, класса дороги (ее конструктивных параметров) [7], покрытия, погодных-климатических условий.

Интенсивность движения автомобилей в Московской области возросла, так как парк автомобилей вырос повсеместно. При высокой интенсивности движения автомобильного транспорта концентрации загрязнителей на придорожных территориях часто превышают допустимые санитарно-гигиенические нормы: химический анализ снежной массы, взятой с обочин дорог в Москве, показал, что концентрации превышают допустимые по нефтепродуктам – в 486–125 раз, по железу – в 88 раз, по меди – в 260–290 раз, по цинку – в 180–265 раз, по кадмию – в 6–10 раз, никелю и свинцу – в 2–5 раз [15].

В часы пик из-за пробок снизилась скорость движения автомобилей: она составляет до 12–20 км/ч вместо оптимальных 60–80 км/ч. Режим движения с такими скоростями, постоянными торможениями и разгонами стал источником повышенных выбросов загрязнителей. В среднем выбросы увеличились на 30%. Вследствие повышенного истирания шин загрязнение придорожной территории резиновой пылью в России достигает 50 тыс. т/год [20].

Некоторые крупные шоссе в Московской области подверглись реставрации и расширению, в связи с чем увеличилось количество дорог с твердым покрытием.

В последнее время среднезимние температуры превышают норму (в основном в декабре). Важными факторами являются температура, влажность, атмосферное давление и циркуляция воздуха. От количества осадков зависит смыв загрязнителей на придорожные территории. В то же время выпадение осадков снижает концентрацию вредных веществ в воздухе, осажая вредные примеси. При отрицательной температуре увеличиваются выбросы углеводородов и оксида углерода, а количество твердых частиц, наоборот, снижается. Также при отрицательных температурах необходимы дополнительный прогрев двигателя и антигололедные реагенты на дорогах. В связи с образованием на дорогах

Экология и природопользование
Коломийцев Н.В., Корженевский Б.И., Толкачев Г.Ю., Гетьман Н.О.

снежной каши автомобили становятся источниками переноса загрязнителей на большие расстояния [6; 20].

Таблица 4

Изменение воздействия источников загрязнения на малые реки за 2001–2016 гг. [9; 15]
Changes in the impact of pollution sources on small rivers from 2001 to 2016.

Фактор	Изменение фактора	Износ шин	Износ дорожной одежды	Износ фрикционных накладок	Капли топлива, масел,	Продукты сгорания топлива	Антигололедные реагенты	Продукты коррозии
Интенсивность движения автотранспорта	Изменение	+	+	+	+	+	+	+
Скорость движения транспортных средств	--/	+	+	+	0	+	0	0
Масса, габариты и типы транспортных средств	--/	+	+	0	+	+	0	+
Класс дороги и покрытие	--/	+	+	0	0	+	0	0
Погодно-климатические условия	--/	0	+	0	0	+	+	0

Примечание: «+» – увеличение, 0 – отсутствие влияния

За последние 5–7 лет теплые зимы в Московской области привели к тому, что число автомобилей на дорогах зимой сокращается незначительно и, соответственно, вредное воздействие автотранспорта практически не снижается.

На основании приведенных в табл. 4 данных следует отметить, что за последние 15 лет увеличился износ шин, дорожной одежды и фрикционных накладок. Возросли потери топлива, масла, продуктов сгорания топлива и коррозии. Таким образом увеличение воздействия от каждого источника загрязнения обусловило, соответственно, увеличение суммарного воздействия последствий автотранспортных потоков на малые реки.

Лабораторные исследования

По данным, полученным в ходе мониторинга, были выявлены следующие изменения загрязнения малых рек. На участках, где отсутствует воздействие промышленных предприятий и сбросов сточных вод, в местах пересечений малых рек с автомобильными дорогами формируются зоны с различной техногенной нагрузкой, оцененной по загрязненности донных отложений [11]. Примеры загрязнения ДО приведены в табл. 5.

Приведенные в табл. 5 данные показывают, что вблизи автомагистрали формируется зона с повышенным содержанием ТМ в ДО малой реки. По классификации Г. Мюллера [23], по кадмию и цинку она характеризуется 1-м и гео-классом, т.е. умеренным загрязнением. Для исследований были выбраны некоторые малые реки Московской области. Пункты мониторинга представляли собой участки их пересечения с автомобильными дорогами.

Экология и природопользование
Коломийцев Н.В., Корженевский Б.И., Толкачев Г.Ю., Гетьман Н.О.

Вблизи них отсутствовали крупные сельхозугодия, промышленные предприятия и селитебные зоны, что позволяет более корректно интерпретировать загрязнение водных объектов транспортными потоками. Отбор проб ДО был произведен на 13 участках, располагавшихся на реках Нерской, Пахре и Северке в местах их пересечения с автомагистралями и скоростными дорогами: Р105 (Егорьевское шоссе), М2 (Симферопольское шоссе), М4 (Каширское шоссе), Домодедовское шоссе, А108 (Бетонка-2), М5 (Рязанское шоссе) и дорогами обычного типа; произведен их анализ на содержание ТМ. По полученным данным была выявлена динамика загрязнения, представленная в табл. 6.

Таблица 5

Концентрация ТМ во фракции <0,020 мм ДО реки Северки при пересечении с автомагистралью М4
(Каширское шоссе)

The concentration of heavy metals in the fraction <0.020 mm of bottom sediments of the Severka River at the intersection with M4 motorway (Kashira Highway)

№ пробы ДО	Место отбора проб ДО	Cd, мг/кг	Pb, мг/кг	Zn, мг/кг	Cu, мг/кг
62	Правый берег, 30 м выше моста	0,450	29,10	172,55	35,25
56	Правый берег, 5 м выше моста	0,425	16,45	126,05	34,75
61	Правый берег, 10 м ниже моста	0,599	27,92	179,60	41,06
60	Правый берег, 50 м ниже моста	0,550	20,67	182,95	70,23
59	Правый берег, 150 м ниже моста	0,499	19,27	170,25	48,21
58	Правый берег, 300 м ниже моста	0,450	17,61	140,40	45,35
Фоновые значения ТМ по [23]		0,300	20,00	95,00	45,00

Таблица 6

Изменение концентрации ТМ в ДО притоков р. Москвы
 Changes in the concentration of heavy metals in bottom sediments of the Moscow River tributaries

Река	Класс автомобильной дороги по [7]	Категория автомобильной дороги по [7]	Pb	Cd	Cr	Zn	Cu	Ni
Пахра	Автомагистраль	IA	+	+	+	-	+	+
Пахра	Дорога обычного типа	III	-	-	+	-	-	-
Пахра	Автомагистраль	IA	+	-	+	-	-	-
Пахра	Автомагистраль	IA	+	+	+	-	+	+
Пахра	Дорога обычного типа	III	-	-	+	-	+	-
Северка	Автомагистраль	IA	+	+	-	-	-	-
Северка	Скоростная дорога	IB	+	+	+	+	+	+
Северка	Скоростная дорога	IB	-	+	+	-	-	-
Северка	Дорога обычного типа	III	-	+	+	-	+	-
Нерская	Скоростная дорога	IB	-	+	+	+	+	+
Нерская	Дорога обычного типа	III	-	+	+	-	+	+
Нерская	Дорога обычного типа	III	+	-	-	+	-	+
Нерская	Дорога обычного типа	III	-	+	+	-	-	-

Примечание: «+» – увеличение, «-» – снижение концентрации

На основании полученных данных можно отметить, что за последние десятилетия на автомагистралях и скоростных дорогах воздействие на малые реки увеличилось от всех источников загрязнения. На дорогах обычного типа отмечаются увеличение износа асфальтобетонной дорожной одежды и повышение попадания в малые реки продуктов коррозии автомобилей.

Экология и природопользование
Коломийцев Н.В., Корженевский Б.И., Толкачев Г.Ю., Гетьман Н.О.

Выводы

1. Представленное ранжирование территории по иерархическим единицам (таксонам) позволяет достаточно четко определить ранги участков при исследовании загрязнений и установить последовательность действий, необходимых при изучении загрязнений ДО ТМ. Выбор пунктов отбора проб и частота повторяемости отбора дают возможность минимизировать затраты на эти операции.

2. Для плёсов Иваньковского водохранилища отмечен высокий процент суммы подвижных соединений в твёрдой фазе ДО практически для всех изучаемых элементов, при этом данные соединения отличаются наибольшей изменчивостью. На основании чего следует вывод о том, что именно изменение содержания ТМ в подвижных формах способствует изменению их валового содержания в ДО.

3. Проведенные натурные эксперименты и лабораторные исследования показывают, что при оценке роли ДО как фактора вторичного загрязнения водной среды следует учитывать не только 10-см слой, обогащенный тяжелыми металлами, но и толщу до 50–60 см, в которой основными загрязнителями могут выступать биогенные элементы PO_4^{3-} и NH_4^+ , а также ионы Mn и Fe.

4. Данные результатов исследований позволяют отметить, что загрязненность ДО р. Москвы выше в 2–3 раза, чем загрязненность ДО р. Оки. Левый берег р. Оки ниже впадения р. Москвы более загрязнен, чем правый, так как воды р. Москвы продолжают существовать отдельным потоком внутри Оки, прижатые ее более скоростным потоком. Концентрации всех рассмотренных ТМ практически выравниваются по обоим берегам Оки на расстоянии около 12 км после впадения р. Москвы.

5. На основании данных о загрязнении ДО малых рек автотранспортными потоками отметим, что для дорог практически всех классов наблюдается увеличение концентрации хрома в их ДО. Для малых рек вблизи автомагистралей и скоростных дорог наблюдается увеличение концентрации свинца. Концентрации остальных ТМ в ДО малых рек не имеют прямой зависимости от класса дороги. Таким образом, если рассматривать загрязнение ТМ от автомобильного транспорта, то оно увеличилось не по всем ТМ.

Библиографический список

1. Абакумов В.А., Ахметьева Н.П., Бреховских В.Ф. и др. Иваньковское водохранилище: Современное состояние и проблемы охраны. М.: Наука, 2000. 344 с.
2. Бреховских В.Ф., Волкова З.В. О накоплении тяжелых металлов в донных отложениях Иваньковского водохранилища // Мелиорация и водное хозяйство. 1998. №3. С. 15–16.
3. Бреховских В.Ф., Катунин Д.Н., Островская Е.А., Перекальский В.М., Попова О.В. Процессы переноса и накопления тяжелых металлов на Нижней Волге // Водные ресурсы. 1999. Т. 26. №4. С. 451–461.
4. Бреховских В.Ф., Волкова З.В., Катунин Д.Н., Казмирук В.Д., Казмирук Т.Н., Островская Е.В. Тяжелые металлы в донных отложениях Верхней и Нижней Волги // Водные ресурсы. 2002. Т. 29. №5. С. 587–595.
5. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа, 1988. 327 с.
6. Горюнова Е.А. Метод контроля загрязнения придорожных сельскохозяйственных земель отработавшими газами двигателей внутреннего сгорания: дис. ... канд. техн. наук. Орел, 2006. 150 с.
7. ГОСТ Р 52398-2005. Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования. М.: Стандартинформ, 2006. 6 с.
8. Денисова А.И., Нахшина Е.П., Новиков Б.И., Рябов А.К. Донные отложения водохранилищ и их влияние на качество воды. Киев: Наукова думка, 1987. 164 с.
9. Динамика основных показателей работы транспорта по данным ООО «АвтостатИнфо». URL: <https://www.autostat.ru/infographics/20172/> (дата обращения: 28.02.2019).

Экология и природопользование

Коломийцев Н.В., Корженевский Б.И., Толкачев Г.Ю., Гетьман Н.О.

10. Коломийцев Н.В., Корженевский Б.И., Ильина Т.А. Загрязнение тяжелыми металлами и мышьяком донных отложений Иваньковского водохранилища // Вода: химия и экология. 2017. №2(104). С. 20–28.
11. Коломийцев Н.В., Корженевский Б.И., Ильина Т.А., Гетьман Е.Н. Оценка техногенной нагрузки на водные объекты по загрязненности донных отложений // Мелиорация и водное хозяйство. 2015. №6. С. 15–19.
12. Корженевский Б.И., Толкачев Г.Ю., Ильина Т.А., Коломийцев Н.В. Основные принципы мониторинга загрязнения большой реки (на примере бассейна реки Волги) // Строймного. 2017. №2(7). С. 1/7–7/7.
13. Корженевский Б.И., Коломийцев Н.В., Ильина Т.А., Гетьман Н.О. Мониторинг загрязнения автотранспортом малых рек Московской области тяжелыми металлами // Безопасность жизнедеятельности. 2018. №4(208). С. 24–29.
14. Косов В.И., Иванов Г.Н., Левинский В.В., Ежов Е.В. Концентрации тяжелых металлов в донных отложениях Верхней Волги // Водные ресурсы. 2001. Т. 28. №4. С. 448–453.
15. Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Промышленно-транспортная экология. Москва: Высшая Школа, 2001. 273 с.
16. Новосельцев В.Н. и др. Техногенное загрязнение речных экосистем / под ред. В.Е. Райнина и Г.Н. Виноградовой. М.: Научный мир, 2002. 140 с.
17. Рекомендации по учету требований по охране окружающей среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов. М., 1995. 74 с.
18. Саев Ю.Е., Янин Е.П. О комплексном составе техногенных гидрохимических аномалий // Водные ресурсы. 1991. №2. С. 135–140.
19. Толкачев Г.Ю. Тяжёлые металлы в системе «вода–донные отложения». Saarbrücken. LAP LAMBERT Academic Publishing. 2012. 98 с.
20. Фролов Ю.Н. Защита окружающей среды в автотранспортном комплексе: учеб. пособие. М., 1997. 71 с.
21. Янин Е.П. Техногенные геохимические ассоциации в донных отложениях малых рек (состав, особенности, методы оценки). М.: ИМГРЭ, 2002. 52 с.
22. Brock T.C.M. Nitrogen and phosphorus budgets of a nymphaid-dominated system // Hydrobiol. Bull. 1981. Vol. 15. No 3. Pp. 191–192.
23. Mueller G. Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins – Veraenderungen seit 1971 // Umschau 79. 1979. H. 24. Pp. 778–783.
24. Mueller G., Furrer R. Pollution of the River Elbe – Past, Present and Future // Water Quality International. 1998. Vol. 1. Pp. 15–18.

References

1. Abakumov, V.A., Akhmetieva, N.P., Brekhovskikh, V.F. and others (2000), *Ivan'kovskoye vodokhranilishche: Sovremennoye sostoyaniye i problemy okhrany* [Ivan'kovskoye reservoir: Current status and problems of protection], Nauka, Moscow, Russia. 344 p.
2. Brekhovskikh, V.F. and Volkova, Z.V. "Accumulation of heavy metals in sediments of the Ivan'kovo reservoir", *Melioration and Water Management*. 1998, No. 3. Pp. 15–16.
3. Brekhovskikh, V.F., Katunin, D.N., Ostrovskaya, E.A., Perekalsky, V.M. and Popova O.V. "The processes of transfer and accumulation of heavy metals in the Lower Volga", *Water resources*. 1999, vol. 26. No. 4. Pp. 451–461.
4. Brekhovskikh, V.F., Volkova, Z.V., Katunin, D.N., Kazmiruk, V.D, Kazmiruk, T.N. and Ostrovskaya, E.V. "Heavy metals in sediments of the Upper and Lower Volga", *Water resources*. 2002, vol. 29. No. 5. Pp. 587–595.
5. Glazovskaya, M.A. (1988) *Geokhimiya prirodnykh i tekhnogennykh landshaftov SSSR* [Geochemistry of natural and man-made landscapes of the USSR], Higher School, Moscow, Russia. 327 p.
6. Goryunova, E.A. (2006), The method of monitoring the pollution of roadside agricultural land exhaust gases of internal combustion engines, PhD Thesis, Geoecology, Orel, Russia.
7. GOST R 52398-2005. Klassifikatsiya avtomobil'nykh dorog. Osnovnyye parametry i trebovaniya [Road classification. Basic parameters and requirements], Standardinform, Moscow, Russia.

Экология и природопользование

Коломийцев Н.В., Корженевский Б.И., Толкачев Г.Ю., Гетьман Н.О.

8. Denisova, A.I., Nakhshina, E.P., Novikov, B.I. and Ryabov, A.K (1987) *Donnye otlozheniya vodokhranilishch I ikh vliyaniye na kachestvo vody* [Sediments of reservoirs and their influence on water quality], Naukova Dumka, Kiev, Ukraine. 164 p.
9. Autostat (2019), "Dynamics of the main indicators of the work of transport according to AvtostatInfo LLC", available at: <https://www.autostat.ru/infographics/20172/> (Accessed 02 February 2019).
10. Kolomiytsev, N.V., Korzhenevsky, B.I. and Il'ina, T.A. Pollution by heavy metals and arsenic of sediments of the Ivan'kovo reservoir, *Water: chemistry and ecology*. 2017. No. 2 (104). Pp. 20–28.
11. Kolomiytsev, N.V., Korzhenevskiy, B.I., Il'ina, T.A. and Get'man, E.N. Evaluation of anthropogenic load on water bodies by pollution of sediments, *Melioration and Water Management*. 2015. No. 6. Pp. 15–19.
12. Korzhenevskiy, B.I., Tolkachev, G.Yu., Il'ina, T.A. and Kolomiytsev, N.V. The basic principles of monitoring pollution of a large river (on the example of the Volga River basin), *StroyMnogo*. 2017. No. 2 (7). Pp. 1/7–7/7.
13. Korzhenevskiy, B.I., Kolomiytsev, N.V., Il'ina, T.A. and Get'man, N.O. Monitoring of motor vehicles pollution of small rivers of the Moscow Region with heavy metals, *Life Safety*. 2018. No. 4 (208). Pp. 24–29.
14. Kosov, V.I., Ivanov, G.N., Levinskiy, V.V. and Ezhov, E.V. Concentrations of heavy metals in sediments of the Upper Volga, *Water resources*. 2001, vol. 28. No. 4. Pp. 448–453.
15. Lukanin, V.N. and Trofimenko, Yu.V. (2001) *Industrialnaya I transportnaya ekologiya* [Industrial and Transport Ecology]. Higher School, Moscow, Russia. 273 p.
16. Novoseltsev, V.N. and al. (2002) *Technogennoye zagryazneniye rechnykh ecosystem* [Technogenic pollution of river ecosystems], in Rainin, V.E. and Vinogradova, G.N. (ed.), Scientific world, Moscow, Russia. 140 p.
17. Ministry of Transport Federal Road Department (1995), *Rekomendatsii po uchetu trebovaniy po okhrane okruzhayushchey sredy pri proyektirovaniy avtomobil'nykh dorog i mostovykh perekhodov* [Recommendations for the integration of environmental requirements in the design of roads and bridges], Moscow, Russia. 74 p.
18. Saet, Yu.E. and Yanin, E.P. On the complex composition of technogenic hydrochemical anomalies, *Water Resources*. 1991. No 2. Pp. 135–140.
19. Tolkachev, G.Yu. (2012) *Tyazholyye metally v sisteme «voda–donnyye otlozheniya»* [Heavy metals in the "water-sediments" system] LAP LAMBERT Academic Publishing, Saarbrücken, Germany. 98 p.
20. Frolov, Yu.N. (1997) *Zashita okruzhayushchey sredy v avtotransportnom komplekse: Ushebnoye posobiye* [Environmental protection in the motor transport complex: Tutorial], Moscow, Russia. 71 p.
21. Yanin, E.P. (2002) *Tekhnogennyye geokhimicheskiye assotsiatsii v donnykh otlozheniyakh malykh rek (sostav, osobennosti, metody otsenki)* [Technogenic geochemical associations in sediments of small rivers (composition, features, assessment methods)], IMGRE, Moscow, Russia. 52 p.
22. Brock T.C.M. Nitrogen and phosphorus budgets of a nymphaid-dominated system // *Hydrobiol. Bull.* 1981. Vol. 15. No 3. Pp. 191–192.
23. Mueller G. Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins – Veraenderungen seit 1971 Umschau 79. 1979. H. 24. Pp. 778–783.
24. Mueller G., Furrer R. Pollution of the River Elbe – Past, Present and Future Water Quality International. 1998. Vol. 1. Pp. 15–18.

Поступила в редакцию: 25.03.2019

Сведения об авторах**Коломийцев Николай Владимирович**

кандидат геолого-минералогических наук,
учёный секретарь, Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова;
Россия, 127550, г. Москва,
ул. Б. Академическая, д. 44, корп. 2

About the authors**Nikolay V. Kolomiytsev**

Candidate of Geological and Mineralogical Sciences,
Scientific Secretary, All-Russian Research Institute
for Hydraulic Engineering and Land Reclamation;
44, build. 2, Bolshaya Akademicheskaya st.,
Moscow, 127550, Russia

e-mail: kolomiytsev@vniigim.ru

Экология и природопользование
Пожитков Р.Ю., Московченко Д.В., Тигеев А.А.

Корженевский Борис Игоревич

кандидат геолого-минералогических наук,
старший научный сотрудник, Всероссийский
научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации имени А.Н.
Костякова;
Россия, 127550, г. Москва,
ул. Б. Академическая, д. 44, корп. 2

e-mail: kolomiytsev@vniigim.ru

Толкачёв Глеб Юрьевич

кандидат географических наук, старший научный
сотрудник, Всероссийский научно-
исследовательский институт гидротехники и
мелиорации имени А.Н. Костякова;
Россия, 127550, г. Москва,
ул. Б. Академическая, д. 44, корп. 2

Boris I. Korzhenevskiy

Candidate of Geological and Mineralogical Sciences,
Senior Researcher, All-Russian Research Institute
for Hydraulic Engineering and Land Reclamation;
44, build. 2, Bolshaya Akademicheskaya st.,
Moscow, 127550, Russia

Gleb Yu. Tolkachev

Candidate of Geographical Sciences, Senior
Researcher, All-Russian Research Institute for
Hydraulic Engineering and Land Reclamation;
44, build. 2, Bolshaya Akademicheskaya st.,
Moscow, 127550, Russia

e-mail: k-26@yandex.ru

Гетьман Наталья Олеговна

младший научный сотрудник, Всероссийский
научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации имени А.Н.
Костякова;
Россия, 127550, г. Москва,
ул. Б. Академическая, д. 44, корп. 2

Natalia O. Getman

Junior Researcher, All-Russian Research Institute for
Hydraulic Engineering and Land Reclamation;
44, build. 2, Bolshaya Akademicheskaya st.,
Moscow, 127550, Russia

e-mail: jene.get@yandex.ru

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:
Коломийцев Н.В., Корженевский Б.И., Толкачёв Г.Ю., Гетьман Н.О. Специальные наблюдения за
загрязнением тяжелыми металлами донных отложений водных объектов в системе мониторинга /
Географический вестник = Geographical bulletin. 2020. №1(52). С. 139–154. doi
10.17072/2079-7877-2020-1-139-154.

Please cite this article in English as:

Kolomiytsev N.V., Korzhenevskiy B.I., Tolkachev G. Yu., Get'man N.O. Special monitoring of heavy metal
pollution in the bottom sediments of water objects // Geographical bulletin. 2020. №1(52). P. 139–154.
doi 10.17072/2079-7877-2020-1-139-154.

УДК 540.4.02

DOI: 10/17072/2079-7877-2020-1-154-165

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ТОРФЯНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВЕРХОВОГО ТИПА ПУР-ТАЗОВСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

Роман Юрьевич Пожитков

ORCID ID: 0000-0002-7957-1337, SPIN-код: 1488-6874, Author ID: 1027751

e-mail: pozhitkov-roma@yandex.ru

Тюменский научный центр СО РАН, Тюмень

