

Federalnogo agentstva vodnyh resursov. – N-Novgorod: 2008, 156 s.

6. **Ismailyov G.Kh., Perminov A. V** Imitatsionnaya model funktsionirovaniya sistem vodohranilishch mnogotselevogo naznacheniya na primere Volzhsko-Kamskogo kaskada / Mat-ly mezhdun. yubilejnoj nauchno-prakt. konf. Problemy razvitiya selskohozyajstvennyh meliortatsij i vodohozyajstvennogo kompleksa na baze tsifrovyyh tehnologij. M.: Izd-vo RGAU-MSHA, 2019. – S. 88-94.

7. **Ismailyov G.Kh., Vaganov G.A.** Modelirovanie rezhimov raboty kamskogo kaskada vodohranilishch s ispolzovaniem modeli «Imit-Balans» // Prirodoobustrojstvo. – 2017. – № 5. – S. 26-34.

8. **Ismailyov G.Kh., Murashchenko N.V.** Otsenka rechnogo stoka v bassejne reki Volgi // Prirodoobustrojstvo. – 2014. – № 2. – S. 65-69.

9. Metodika rascheta vodohozyajstvennyh balansov vodnyh objektov. – M.: MPR RF, 2007. – 40 s.

The material was received at the editorial office
21.02.2020

Information about the authors

Ismailyov Gabil Khudush ogly, doctor of technical sciences, professor, head of the chair «Hydrology, hydrogeology and runoff regulation» FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow, ul. Pryanishnikova, d. 19; e-mail: gabil-1937@mail.ru

Perminov Alexej Vasiljevich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair «Hydrology, hydrogeology and runoff regulation» FSBEI HE RSAU-MAA named after C.A. Timiryazev; 127550, Moscow ul. Pryanishnikova, d. 19; e-mail: alexperminov@gmail.com

УДК 502/504:627.157

DOI 10.26897/1997-6011/2020-2-104-111

Г.Ю. ТОЛКАЧЕВ¹, Б.И. КОРЖЕНЕВСКИЙ¹, Е.Н. САМАРИН²

¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова», г. Москва, Российская Федерация

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, г. Москва, Российская Федерация

ВЛИЯНИЕ ГОРОДСКИХ ПРОИЗВОДСТВ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ РЕК В БАСЕЙНЕ р. КЛЯЗЬМА

В настоящее время состояние водных объектов определяется техногенными факторами. С точки зрения техногенной нагрузки наиболее опасными загрязняющими веществами являются микроэлементы Hg, Cd, Zn, Pb, Cu, Cr, Co, Ni, Fe, Mn, As. При этом исследования донных отложений водоёмов позволяют установить неблагоприятные участки и определить источники загрязнения. В настоящей работе в качестве показателей загрязнения рассматриваются индексы загрязнённости перечисленными микроэлементами донных отложений рек: р. Клязьмы – от г. Владимира до впадения в р. Оку – и р. Пекша, притока р. Клязьмы. Оценка велась без учета конкретных предприятий-загрязнителей, из отложений выделялась фракция менее 0,020 мм, определялось содержание указанных элементов и полученные значения ранжировались по классификации классов загрязнения (игео-классы), уровням техногенной нагрузки и суммарному показателю токсического загрязнения. На исследуемом участке Клязьмы расположены города Ковров (140 тыс. чел.), Вязники (36 тыс. чел.) и Гороховец (13 тыс. чел.). Представлена общая картина загрязнения донных отложений Клязьмы ниже г. Владимира, из которой можно сделать вывод, что, несмотря на имеющиеся источники загрязнения, говорить об опасной нагрузке на сегодняшний день не приходится. Наивысший уровень загрязнения Пекши отмечен в верхнем течении, на выходе из города Кольчугино (40 тыс.чел). Вниз по течению уровни загрязнения значительно снижаются – происходит самоочищение ввиду отсутствия активных источников загрязнения. Сопоставление с загрязнением донных отложений р. Клязьмы в месте впадения р. Пекши указывает на отсутствие загрязнения со стороны Пекши, поскольку уровень загрязнения Клязьмы выше.

Техногенная нагрузка, донные отложения, тяжелые металлы, загрязнение, река Клязьма, река Пекша, игео-классы, сорбирующая фракция, экологический мониторинг.

Введение. Комплексное использование водных объектов требует изучения их экологического состояния и постоянной оценки уровня техногенной нагрузки. Основным источником информации – уровень загрязнения донных отложений (ДО), которые выполняют функцию аккумулятора элементов с их соединениями и в то же время источника вторичного загрязнения воды. Вследствие своих высоких сорбционных свойств ДО накапливают весь комплекс загрязняющих веществ (ЗВ) и служат индикатором техногенной нагрузки. Результаты исследования загрязнённости ДО позволяют определить неблагоприятные в экологическом отношении участки водных объектов, выявить источники загрязнения, скорректировать состав и объём гидрохимического и гидробиологического мониторинга. Одними из наиболее опасных ЗВ для водоёмов и, следовательно, для здоровья человека являются микроэлементы Hg, Cd, Zn, Pb, Cu, Cr, Co, Ni, Fe, Mn, As.

В настоящей работе приведен сравнительный анализ техногенного загрязнения двух участков одной речной системы – р. Клязьма от г. Владимира до впадения в р. Оку и её притока р. Пекша от г. Кольчугино до впадения в Клязьму, так как малые реки в значительной степени определяют качество воды средних и крупных рек. Сходство данных участков в том, что они начинаются непосредственно в городах – источниках техногенной нагрузки – и далее протекают через условно чистые водосборные территории. Для Клязьмы условно чистая водосборная территория начинается ниже г. Ковров, поскольку города Вязники и Гороховец, учитывая их промышленно-транспортный потенциал, а также объём реки, не представляются способными к существенному загрязнению микроэлементами. Весьма значительна разница в населении между областным центром г. Владимир (350 тыс. чел.) и г. Кольчугино (40 тыс. чел.). Совокупность данных факторов представляет собой интерес для сравнительного анализа загрязнения упомянутых речных участков.

Объекты исследования. Река Клязьма, наиболее протяженный приток реки Оки (686 км), берет начало в 50 км к северо-западу от г. Москвы и дренирует обширную плейстоценовую равнину [1], расход воды в районе г. Ковров порядка 130-140 м³/с в летнюю межень. Клязьма испытывает значительную техногенную нагрузку, являясь приёмником сточных вод расположенных на ней

многочисленных городов и посёлков. В рамках проведённой работы дана оценка загрязнения ДО р. Клязьма на участке от г. Владимира (около 350 тыс. чел.) до впадения в р. Ока в районе г. Гороховец рядом тяжелых металлов (ТМ): Fe, Mn, Cd, Pb, Zn, Cu, Ni, Hg и мышьяком. ДО Клязьмы на данном участке представлены преимущественно фракциями мелкого и тонкого песка, пыли и глины, что обусловлено дренированием плейстоценовой флювиогляциальной равнины (Мещёрской низменности). На данном участке находятся также достаточно крупные города: Ковров (140 тыс. чел.), Вязники (36 тыс. чел.) и Гороховец (13 тыс. чел.). Владимир – крупный промышленный центр Центральной России, транспортный узел на автомобильной (трасса М7 «Волга») и железнодорожной (Нижегородский ход Транссиба) магистралях, на его территории расположены предприятия пищевой, машиностроительной и химической промышленности, предприятия металлургии и энергетики, развито жилищно-коммунальное хозяйство. Город Ковров – оборонный и промышленный центр, а также железнодорожный узел на линии Москва–Нижегород. Основу промышленности составляет завод имени Дегтярёва, механический, электромеханический и приборостроительный заводы; лёгкая, деревообрабатывающая, строительная и пищевая отрасли.

Река Пекша имеет исток у деревни Старково на северо-западе Владимирской области и течёт на юго-восток, впадая в Клязьму на 428-м км на уровне 105 м недалеко от д. Костерево. Длина реки 127 км, ширина до 32 метров, глубина до 6 метров, площадь водосборного бассейна 1010 км² [2]. В верховьях реки расположен город Кольчугино, в пределах которого в 1977 году была построена плотина и создано Кольчугинское водохранилище. Население Кольчугино составляет более 40 тыс. чел., промышленность представлена заводами: по обработке цветных металлов, по выпуску кабельно-проводниковой продукции, по выпуску электротехнического оборудования, по выпуску железобетонных изделий. Также через г. Кольчугино проходит железнодорожная ветка от г. Александров до г. Кинешма, интенсивное автомобильное движение. Таким образом, Кольчугино является основным и весьма серьёзным источником техногенной нагрузки на р. Пекша, которая в силу своего малого объёма особенно чувствительна к техногенной нагрузке.

Методы исследования. Оценка экологического состояния велась без учета конкретных предприятий-загрязнителей. Створы располагались следующим образом: створ выше и створ ниже предполагаемого источника загрязнения в зоне смешения сточных и поверхностных вод. При исследовании распределения загрязняющих веществ по поверхности и для определения уровня загрязнения в текущий момент пробы отбирали из поверхностного слоя ДО. Все изученные образцы состоят из сходных по минеральному составу компонентов, что позволяет считать результаты оценки сопоставимыми. Далее выделялась «сорбирующая фракция» размером менее 0,020 мм, практически полностью состоящая из высокодисперсных глинистых минералов, оксидов Fe и Mn, органического вещества, обладающего максимальными сорбционными свойствами [3, 4, 5]. Выделение фракции менее 0,020 мм проводилось мокрым просеиванием. Фракции выпаривались и высушивались до воздушно-сухого состояния в сушильных шкафах при температуре не выше +60°C. Для корректировки результатов анализов определяли гигроскопическую влажность воздушно-сухих образцов. Определение концентраций ТМ в пробах ДО проводили методами атомной адсорбции и ICP после их разложения в «царской водке».

В качестве базовой методики оценки степени загрязнения ДО тяжелых металлов

использовалась система классификации ДО по «индексу геоаккумуляции» Г. Мюллера [4, 6]. «Индекс геоаккумуляции» характеризует кратность загрязнения ДО относительно природного фона во фракциях менее 0,020 мм. На основе данной методики разработана и применена методика оценки техногенной нагрузки на водные экосистемы [7], что позволяет оценить уровень потенциальной и реальной опасности загрязнения водоемов.

Также для оценки загрязнения микроэлементами донных отложений целесообразно использовать суммарный показатель токсического загрязнения – СПТЗ, разработанный для оценки загрязнения ТМ городских почв [8].

$$\text{СПТЗ} = \sum K_c K_T - (n - 1), \quad K_c = C / C_\phi$$

где C – содержание элемента в изучаемой среде; C_ϕ – фоновое содержание (глобальный или региональный фон); K_T – коэффициент токсичности химического элемента [8]; n – число учитываемых элементов. Допустимая категория загрязнения – 16, умеренно опасная – 16-32, опасная – 32-128, чрезвычайно опасная – 128.

Обсуждение результатов. По результатам лабораторных исследований на кафедре инженерной и экологической геологии МГУ получены значения концентраций микроэлементов. В таблицах 1 и 2 приведены значения игео-классов для каждого элемента в донных отложениях изученных рек.

Таблица 1

Значения игео-классов микроэлементов в ДО р. Клязьмы в пределах Владимирской области от г. Владимир до г. Гороховец (до устья)

№ обр	Место отбора проб	Fe	Mn	As	Cd	Pb	Zn	Cu	Hg	Ni
T58	р. Клязьма, левый берег, д. Пенкино выше моста трассы Владимир – Н. Новгород	3	2	фон	1	фон	1-2	фон	фон	0
T57	р. Клязьма, правый берег, п. Любец выше г. Ковров	2	1	фон	1	фон	1	фон	фон	фон
T56	р. Клязьма, левый берег, г. Ковров, ниже моста Иваново – Шуя	2	2	фон	1	0	1	фон	фон	фон
T55	р. Клязьма, правый берег, г. Ковров (окраина города, ул. Речная)	2	1	0	2	1	1	0	фон	0
T54	р. Клязьма, правый берег, Клязьминский городок	2	2	фон	1	0	1	фон	фон	0
T53	р. Клязьма, правый берег 10-11 км от трассы Н. Новгород – Москва на Мстеру	2	2	фон	1	0	1	фон	фон	фон
T52	р. Клязьма, Вязники, правый берег	2	2	фон	1	1	1	фон	фон	0
T51	р. Клязьма, поворот на Перово, дер. Олтушево, правый берег	1	0	0	2	1	1	1	фон	0
T50	р. Клязьма, г. Гороховец, правый берег (ул. Набережная, дом 5)	2	1	фон	1	0	1	фон	фон	фон
T49	р. Клязьма, дер. Галицы, правый берег 400-500 м выше ж/д моста	2	2	фон	1	0	1	0	фон	0

В пределах и непосредственно ниже г. Владимира только содержания Mn и As соответствуют 2-му «умеренно загрязнённо-му» классу, остальные элементы не превышают 1-го и гео-класса [9]. Отдельно следует отметить Ni, концентрации которого в большинстве районов Клязьмы от Пироговского водохранилища устья реки соответствуют фоновым значениям.

Вместе с тем, содержание практически всех исследуемых элементов, кроме Fe, Mn, Cd, Zn не превышает незагрязнённого класса, либо находится на уровне фона. Концентрации Cd, Zn и Mn на протяжении изученного участка находятся в пределах 1-2-го и гео-класса – от незагрязнённого до умеренно загрязнённого уровня, что соответствует малоопасной и умеренной техногенной нагрузке [10]. Содержание железа максимально в районе д. Пенкино, в непосредственной близости от автомагистраль и строительной площадки – однако не превышает 3-го «средне загрязнённого» класса, что также соответствует умеренно опасной нагрузке. Примечателен тот факт, что в данном районе только Mn соответствует 2-му классу, а остальные элементы, вопреки ожиданиям, не превышают 1-го класса, либо фонового уровня (Pb, Cu, As). На остальных участках реки, в том числе и ниже г. Коврова, концентрация Fe не превышает 2-го класса. Также относительно г. Коврова следует отметить, что ниже по течению наблюдается незначительное повышение концентраций изучаемых элементов, однако, как было указано

выше, о значительном загрязнении говорить не приходится. СПТЗ, исходя из вышеизложенных данных, ожидаемо соответствует допустимой категории, что свидетельствует о том, что Клязьма не является дополнительным источником загрязнения ТМ р. Оки, а напротив, способствует её самоочищению. В опробованных притоках Клязьмы (Липня, Колокша, Нерль, Пекша) содержание ТМ практически везде соответствует или незначительно превышает фоновые значения. Исключение составляет устье Нерли, где содержание Mn соответствует 2-му и гео-классу (умеренно опасной нагрузке), и устье Пекши, где Cu и Zn соответствуют 2-му и 1-му классу, остальные элементы на фоновом уровне либо не превышают 1-го класса.

При изучении ДО р. Пекша наименьший уровень загрязнения закономерно отмечен на выходе из Кольчугинского водохранилища, поскольку источники загрязнения и промышленные площадки находятся ниже по течению, ДО самого водохранилища представлены песчаными фракциями. Концентрации большинства элементов находятся в пределах фонового уровня, либо от незагрязнённого до умеренно загрязнённого класса со слабой техногенной нагрузкой. Исключение составляет Zn, соответствующий умеренно загрязнённому уровню и умеренно опасной нагрузке, возможно в связи с достаточно интенсивным автомобильным движением и близрасположенными неконтролируемыми источниками загрязнения.

Таблица 2

Значения и гео-классов микроэлементов в ДО р. Пекша

№ обр	Место отбора проб	Fe	Mn	As	Cd	Pb	Zn	Cr	Cu	Ni
T46	р. Пекша правый берег. Выше з-да «Кольчугино» правый берег у бывшего водозабора	0	фон	фон	1	1	2	0	0	фон
T47	р. Пекша ниже г. Кольчугино, правый берег, выше моста	0	фон	1	3	2	3-4	1	3	1
T48	р. Пекша правый берег ниже моста у дер. Лаврениха	1	1	0	2	1	3	1	1	0
T60	р. Пекша, правый берег у моста автодороги на Караваево (середина по длине реки)	1	0	фон	1	1	2	фон	0	0
T61	р. Пекша, левый берег выше моста автодороги на Анкудиново	1	1	фон	1-2	0-1	2	фон	0	0
T59	р. Пекша, левый берег, мост на Черкасово (вблизи ~ 4 км от трассы Владимир – Москва), 30 м ниже местного моста	1	1	фон	1	0	1-2	фон	0	фон
T32	р. Пекша, правый берег, 40 м выше моста на Горьковском шоссе	1	1	0	-	фон	1	фон	2	фон

Ниже города уровни загрязнения практически всех элементов и, следовательно, техногенная нагрузка, существенно повышаются. Содержание Zn доходит до сильно загрязнённого класса, что позволяет говорить об опасной техногенной нагрузке, Cd и Cu соответствуют средне загрязнённому уровню и умеренной нагрузке, Pb – умеренно загрязнённому уровню. Высокое содержание Cu может быть объяснено, помимо внешнего поступления, также высоким содержанием органического вещества в ДО, с которым Cu активно образует комплексные соединения. Вместе с тем, концентрации остальных элементов, как и на выходе из водохранилища, варьируются от фонового до умеренно загрязнённого уровня и не представляют опасности. Далее, в 10 км ниже по течению у д. Лаврениха в районе областной автотрассы, уровни Zn, Cd, Cu, Pb снижаются каждый на один класс, при этом содержание Fe и Mn незначительно повышается и соответствует от незагрязнённого до умеренно загрязнённого уровня до самого устья. По сравнению с 2018 г. содержание Pb, Zn, Ni в двух точках ниже города довольно существенно снизилось, а содержание Cr и Cu незначительно повысилось, концентрации остальных элементов практически неизменны. Показатели 2018 и 2019 гг. остаются практически в одном диапазоне уровня техногенной нагрузки и их флуктуации могут быть объяснены следующими факторами: гидрологические (обмеление и взмучивание ДО реки в 2019 г.); изменение состава поступления ТМ; вынос Cu из ДО в результате разложения органического вещества.

Вниз по течению от д. Лаврениха до впадения в р. Клязьму русло Пекши отличается извилистостью и пролегает по малозаселённым местам, увеличивается площадь отложений, благодаря чему уровни загрязнения ДО по всем остальным элементам постепенно снижаются – происходит самоочищение реки. В устье реки только уровень Cu соответствует умеренно загрязнённому классу и умеренно опасной техногенной нагрузке, что может быть объяснено большим количеством органического вещества в ДО в сочетании с близостью посёлка Пекша и автотрассы; по всем остальным элементам техногенная нагрузка практически отсутствует. О слабом загрязнении реки также говорит наличие пескаррей и в некоторых местах раков, которые водятся

исключительно в незагрязнённой воде. Однако данные факты не отменяют необходимости снижения антропогенной нагрузки в районе г. Кольчугино и более тщательного контроля за сбросом ЗВ с контролируемых и особенно неконтролируемых (диффузных) источников загрязнения.

Можно констатировать отрицательное влияние и среднюю техногенную нагрузку со стороны г. Кольчугино на ДО реки Пекши, при этом ни воды, ни твердый сток реки Пекши не приносят загрязнения тяжёлыми металлами и мышьяком в Клязьму. В ДО самой Клязьмы ниже впадения Пекши отмечен средний уровень загрязнения [9], что подтверждает вышеизложенный вывод. Иными словами, Пекша является приёмником ЗВ г. Кольчугино с «хвостом» загрязнений порядка 7-10 км, и самоочищается в районе нижележащих деревень вплоть до устья.

В соответствии с СПТЗ, на участке от г. Кольчугино в пределах 7-10 км отмечена умеренно опасное загрязнение, которое ниже по течению снижается до допустимого, что также свидетельствует об отсутствии значительных источников загрязнения на водосборной территории. В месте впадения реки Пекши в Клязьму и ниже в ДО последней отмечена умеренно опасная нагрузка, что подтверждает вывод об отсутствии привноса ЗВ из Пекши.

С точки зрения организации экологического мониторинга реку Пекша целесообразно, несмотря на влияние г. Кольчугино, отнести к участкам III категории – условно чистые малые реки, роль которых в загрязнении водных объектов более высокого порядка, как правило, незначительна [11]. При отсутствии сильной экспансии человека повторение наблюдений один раз в 5-10 лет в виде отбора нескольких проб [7, 12] в наиболее интересных местах представляется достаточным.

Выводы

1. На участке р. Клязьма от г. Владимира до устья содержание исследуемых элементов – Cd, Zn, Pb, Cu, Ni, Fe, Mn, As, за исключением Fe и Mn, не превышает незагрязнённого класса – при этом даже содержание упомянутых элементов не превышает умеренно опасную техногенную нагрузку. Данный факт свидетельствует о приемлемом состоянии данного участка реки относительно загрязнения ТМ и об отсутствии

их привноса в р. Ока. Показатель СПТЗ соответствует допустимой категории загрязнения исследуемого участка.

2. Установлено, что главным источником загрязнения ДО р. Пекши являются промышленные предприятия г. Кольчугино, техногенная нагрузка ниже города по Zn является опасной; по Cd, Cu по Pb – умеренной и ниже. СПТЗ соответствует опасной категории непосредственно ниже г. Кольчугино и на протяжении порядка 10 км по течению, что также свидетельствует об отрицательном влиянии города на качество воды, и соответственно, на флору и фауну данного участка реки. По мере удаления от города к устью уровни загрязнения снижаются практически до фона – р. Пекша самоочищается благодаря интенсивному меандрированию и отсутствию активных источников загрязнения.

3. Сопоставление с загрязнением ДО Клязьмы в месте впадения Пекши указывает на отсутствие привноса загрязняющих веществ, поскольку уровень загрязнения Клязьмы значительно выше. Впадение незагрязнённой водной массы и взвешенного вещества способствует самоочищению Клязьмы.

Библиографический список

1. **Mueller G.** Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins –Veraenderungen seit 1971 // Umschau 79. – 1979. – Н. 24. – S. 778-783.

2. **Mueller G., Ottenstein R., Yahya A.** Standardized particulate metal monitoring, inventory, and assessment of metals and other trace elements in sediments: <20 µM or <2 µM? // Fresenius' Journal of Analytical Chemistry. – 2001. – Vol. 371. – No 5. – P. 637-642. (DOI: 10.1007/s002160100978)

3. Оценка техногенной нагрузки на водные объекты по загрязнённости донных отложений / Коломийцев Н.В., Корженевский Б.И., Ильина Т.А. и др. // Мелиорация и водное хозяйство. – 2015. – № 6. – С. 15-19.

4. Техногенное загрязнение речных экосистем / В.Н. Новосельцев [и др.]; под ред. В.Е. Райнина, Г.Н. Виноградовой. – М.: Научный мир, 2002. – 140 с.

5. **Керженцев А.С., Майснер Р., Демидов В.В.** Моделирование эрозионных процессов на территории малого водосборного бассейна – М.: Наука, 2006. – 223 с.

6. **Коломийцев Н.В., Ильина Т.А.** Интегральные критерии для оценки экологического состояния донных отложений водных объектов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2009. – № 5. – С. 39-42.

7. **Большаков В.А.** Методические рекомендации по оценке загрязнения городских почв и снежного покрова тяжёлыми металлами – М.: ВНИИП им. Докучаева, 1999. – 32 с.

8. Мониторинг тяжелых металлов в поверхностных и грунтовых водах ландшафта Окского бассейна / Мажайский Ю.А., Евтюхин В.Ф., Ильинский А.В. и др. // Интеграл. – 2008. – № 6. – С. 19-20.

9. **Корженевский Б.И., Толкачев Г.Ю., Коломийцев Н.В.** Загрязнение донных отложений Клязьмы тяжёлыми металлами // Использование и охрана природных ресурсов в России. – 2019. – № 4. – С. 79-84.

10. Основные принципы мониторинга загрязнения большой реки (на примере бассейна реки Волги) / Корженевский Б.И., Толкачев Г.Ю., Ильина Т.А. и др. // Строймного. – 2017. – № 2 (7). – С. 1/7-7/7.

11. Река Пекша <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D0%BA%D1%88%D0%B0> (дата обращения 17.02.2020)

12. Река Клязьма https://water-rf.ru/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%BE%D0%B1%D1%8A%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%8B/429/%D0%9A%D0%BB%D1%8F%D0%B7%D1%8C%D0%BC%D0%B0 (дата обращения 17.02.2020)

Материал поступил в редакцию 05.03.2020 г.

Сведения об авторах

Толкачев Глеб Юрьевич, кандидат географических наук, старший научный сотрудник ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова; 127550, г. Москва, Б. Академическая, 44, корпус 2; e-mail: k-26@yandex.ru

Корженевский Борис Игоревич, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова; 127550, г. Москва, Б. Академическая, 44, корпус 2; e-mail: 542609@list.ru

Самарин Евгений Николаевич, доктор геолого-минералогических наук, профессор геологического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова; 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, д. 1.

G.YU. TOLKACHEV¹, B.I. KORZHENEVSKY¹, E.N. SAMARIN²¹ Federal state budgetary scientific institution «All-Russian research institute of hydraulic engineering and land reclamation named after A.N. Kostyakov», Moscow, Russian Federation² Moscow state university named after M.V. Lomonosov, Moscow, Russian Federation

INFLUENCE OF URBAN ENTERPRISES ON RIVERS POLLUTION WITH HEAVY METALS IN THE BASIN OF THE KLYAZMA RIVER

At present the state of water bodies is determined by factors. From the point of anthropogenic loading the most dangerous pollutants in the environment are microelements Hg, Cd, Zn, Pb, Cu, Cr, Co, Ni, Fe, Mn, As. At the same time, investigations of bottom sediments of water reservoirs allow us to identify contaminated sections and determine sources of pollution. In this paper, as indicators of pollution, we consider indices of contamination with the listed microelements of river sediments: the Klyazma river from Vladimir to the confluence with the Oka river and the Peksha, a tributary of the Klyazma river. The assessment was carried out without taking into account specific enterprises-pollutants, a fraction less than 0.020 mm was extracted from the sediments, the content of these elements was determined and the values obtained were ranged according to the classification of pollution classes, levels of anthropogenic loading and total indicator of toxic pollution. Towns Kovrov (140 thousand people), Vyazniki (36 thousand people) and Gorokhovets (13 thousand people) are located on the Klyazma studied area. There is given a general picture of pollution of the Klyazma sediments downstream Vladimir from which it is possible to draw a conclusion that despite the available sources of pollution it is needless to speak about the dangerous load at present. The highest level of pollution of the Peksha is marked upstream, out from the town of Kolchugino (40 thousand people). Downstream, pollution levels significantly reduce – self-cleaning occurs due to the lack of active sources of pollution. Comparison with the pollution of the bottom sediments of the Klyazma river at the Peksha indicates that there is no pollution from the Peksha, since the level of the Klyazma pollution is higher.

Anthropogenic load, sediments, heavy metals, pollution, the Klyazma river, the Peksha river, sorbing fraction, environmental monitoring.

References

1. **Mueller G.** Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins –Veraenderungen seit 1971//Umschau 79.–1979.–H. 24.–S. 778-783.

2. **Mueller G., Ottenstein R., Yahya A.** Standardized particles izeformonitoring, inventory, and assessment of metals and other trace elements in sediments: <20 µM or<2 µM? // Fresenius' Journal of Analytical Chemistry. – 2001. – Vol. 371. – No 5. – P. 637-642. (DOI: 10.1007/s002160100978)

3. Otsenka tehnogennoj nagruzki na vodnye objekty po zagryaznennosti donnyh otlozhenij / Kolomijtsev N.V., Korzhenevsky B.I., Iljina T.A. i dr. // Melioratsiya i vodnoe hozyajstvo. – 2015. – № 6. – S. 15-19.

4. Tehnogennoe zagryaznenie rechnyh ekosistem / V.N. Novoseltsev [i dr]; pod red. V.E. Rainina, G.N. Vinogradovoj. – M.: Nauchny mir, 2002. – 140 s.

5. Modelirovanie erozionnyh protsessov na territorii malogo vodosbornogo bassejna. Pod red. A.S. Kerzhantseva, R. Maisnera. – M.: Nauka, 2006. – 223 s.

6. **Kolomijtsev N.V., Iljina T.A.** Integralnye kriterii dlya otsenki ekologicheskogo

sostoyaniya donnyh otlozhenij vodnyh objektov // Melioratsiya i vodnoe hozyajstvo. – 2009. – № 5. – S. 39-42.

7. **Bolshakov V.A.** Metodicheskie rekomendatsii po otsenke zagryazneniya gorodskih pochv i snezhnogo pokrova tyazhelymi metallami. – M.: VNIIP im. Dokuchaeva, 1999. – 32 s.

8. Monitoring tyazhelyh metallov v poverhnostnyh i gruntovyh vodah landshafta Okskogo bassejna / Mazhajskey Yu.A., Evtyuhin V.F., Iljinsky A.V. i dr. // Integral. – 2008. – № 6. – S. 19-20.

9. **Korzhenevsky B.I., Tolkachev G.Yu., Kolomijtsev N.V.** Zagryaznenie donnyh otlozhenij Klyazmy tyazhelymi metallami // Ispolzovanie i ohrana prirodnyh resursov v Rossii. – 2019. – № 4. – S. 79-84.

10. Osnovnye printsipy monitoringa zagryazneniya bolshoj reki (na primere bassejna reki Volgi) / Korzhenevsky B.I., Tolkachev G.Yu., Iljina T.A. i dr. // StrojMnogo. – 2017. – № 2 (7). – S. 1/7-7/7.

11. Reka Peksha <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D0%BA%D1%88%D0%B0> (data obrashcheniya 17.02.2020)

12. Reka Klyazma https://water-ru.ru/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%BE%D0%B1%D1%8A%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%8B/429/%D0%9A%D0%BB%D1%8F%D0%B7%D1%8C%D0%BC%D0%B0 (data obrashcheniya 17.02.2020)

The material was received at the editorial office
05.03.2020

Information about the authors

Tolkachev Gleb Yurjevich, candidate of geographical sciences, senior researcher

VNIIGiM named after A.N. Kostyakov; 127550, Moscow, B. Akademicheskaya, 44, korpus 2; e-mail: K-26@mail.ru

Korzhenevsky Boris Igorevich, candidate of geological-mineralogical sciences, senior researcher VNIIGiM named after A.N. Kostyakov; 127550, Moscow, B. Akademicheskaya, 44, korpus 2; e-mail: 542609@list.ru

Samarin Evgeny Nikolaevich, doctor of geological-mineralogical sciences, professor of geological faculty MSU named after M.V. Lomonosov; 119991, Moscow, GSP-1, Leninskie gory, 1.

УДК 502/504:532.5

DOI 10.26897/1997-6011/2020-2-111-115

И.Е. КОЗЫРЬ, И.Ф. ПИКАЛОВА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ВОДОСЛИВОВ

Цель настоящих исследований – изучение пропускной способности цилиндрических водосливов с учетом возможного подтопления со стороны нижнего бьефа. С гидравлической точки зрения по типу данных водосливов работают вальцовые затворы и наполняемые водой, а иногда и воздухом плотины из мягкой синтетической ткани. Мягкие конструкции широко применяются при строительстве плотин малых напоров. Опыт их строительства и эксплуатации недостаточен, а также отсутствует необходимый объем гидравлических исследований таких плотин. В результате модельных гидравлических исследований были получены коэффициенты расхода m и коэффициенты подтопления $\sigma_{пр}$, необходимые для определения расхода воды. Полученные в работе результаты позволяют рассчитывать пропускную способность цилиндрических водосливов в условиях свободного и затопленного истечения воды. Предлагаемые расчетные зависимости и графики могут быть использованы при проектировании сооружений, работающих по типу цилиндрических водосливов.

Цилиндрический водослив; коэффициент расхода; напор; измерение расхода воды, гидравлические исследования, гидротехническое строительство, мобильные сооружения инженерной защиты.

Введение. Цилиндрические водосливы обычно относятся к водосливам практического профиля криволинейного очертания. С гидравлической точки зрения по типу данных водосливов работают вальцовые затворы и наполняемые водой, а иногда и воздухом плотины из мягкой синтетической ткани (рис. 1). Улучшение экологической обстановки в зоне гидротехнического и мелиоративного строительства, повышение эффективности сельского хозяйства требует создания новых облегченных гидротехнических сооружений из полимерных материалов. За последние 50 лет применение

полимерных материалов значительно расширилось во многих областях строительства. Тканевые плотины с напором до 5 метров могут выполняться из резинотканевых, пленочно-тканевых и пленочных материалов, используемых для создания мягкой, гибкой оболочки. К несомненным преимуществам тканевых плотин можно отнести их относительную дешевизну, простату монтажа и эксплуатации, короткие сроки строительства, особенно в сравнении со сроками строительства плотин из бетона и железобетона. Все это способствовало внедрению таких конструкций в качестве подпорных сооружений