

Гидрология
Рахуба А.В., Турутина Т.В., Шмакова М.В.

УДК 556.5:627.8

DOI: 10.17072/2079-7877-2021-3-107-115

ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ПРИПЛОТИННОГО ПЛЕСА КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА (ПО ДАННЫМ ЭКСПЕДИЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ 2020 г.)

Александр Владимирович Рахуба

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1770-3197>

e-mail: rahavum@mail.ru

Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти, Россия

Татьяна Валерьевна Турутина

e-mail: turutina.tatyana@yandex.ru

ФГБУ "Государственный гидрологический институт", г. Санкт-Петербург, Россия

Марина Валентиновна Шмакова

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2393-0070>

e-mail: m-shmakova@yandex.ru

Институт озерадения Российской академии наук, Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук, г. Санкт-Петербург, Россия

Состав донных отложений и закономерности их пространственного распределения определяются внешними (тип подстилающей поверхности водосбора, антропогенная освоенность, интенсивность почвенной эрозии) и внутренними (водный режим, интенсивность водообмена, морфометрия котловины) факторами. В результате экспедиционных исследований ИЭВБ РАН-филиал СамНИЦ РАН в осенний период с 14 сентября по 3 октября 2020 г. были отобраны пробы донных отложений на 21 станции приплотинного плеса Куйбышевского водохранилища в 10-сантиметровом слое. По итогам гранулометрического анализа и оценки содержания органического вещества в пробах донных отложений построены интегральные гранулометрические кривые и проведен анализ пространственного распределения разных характеристик донных отложений – процентного содержания органического вещества в пробах, межквартильного размаха и медианного значения крупности донных отложений на исследуемых точках отбора. Проведенный анализ показал, что наибольшие различия процентного содержания частиц в пробах исследуемых станций (свыше 60%) приходится на частицы крупностью около 0,1 мм. Станции отбора проб, расположенные ближе к правому берегу, характеризуются меньшей крупностью грунта донных отложений, чем станции у левого берега. Это объясняется тонкозернистыми продуктами эрозии водосборной части со стороны Жигулевских гор, представленных известняками и доломитами. Продольный профиль приплотинного плеса характеризуется относительно однородным гранулометрическим составом донных отложений – также преимущественно пылевато-песчаными фракциями. Более однородный по крупности грунт наблюдается вдоль правого берега – тонкодисперсные продукты эрозии песчаников и доломитов правобережья. Большой межквартильный размах характеризует пробы, отобранные вдоль продольного профиля плеса и у левого берега в мелководной зоне. В этой области акватории, генетически сложенной песками и минеральными илами, за счет благоприятного температурного режима и особенностей циркуляции водных масс происходят процессы интенсивного органического осадконакопления. В среднем для приплотинного плеса содержание органического вещества в донных отложениях составляет 1,1%, что хорошо согласуется с данными других исследователей.

К л ю ч е в ы е с л о в а : водохранилище, грунт, донные отложения, гранулометрия, водосбор, водообмен.

BOTTOM SEDIMENTS NEAR THE KUIBYSHEV RESERVOIR DAM (ACCORDING TO THE DATA OF THE 2020 EXPEDITION RESEARCH)

Aleksandr V. Rakhuba

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1770-3197>

e-mail: rahavum@mail.ru

Samara Federal Research Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Institute of Ecology of the Volga River Basin of the Russian Academy of Sciences, Togliatti, Russia

Tatyana V. Turutina

e-mail: turutina.tatyana@yandex.ru

State Hydrological Institute, St. Petersburg, Russia

© Рахуба А.В., Турутина Т.В., Шмакова М.В., 2021



Гидрология

Рахуба А.В., Турутина Т.В., Шмакова М.В.

Marina V. ShmakovaORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2393-0070>

e-mail: m-shmakova@yandex.ru

Institute of Limnology of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia

The composition of bottom sediments and the patterns of their spatial distribution are determined by external (type of underlying surface of the catchment area, anthropogenic development, intensity of soil erosion) and internal (water regime, intensity of water exchange, morphometry of the basin) factors. As a result of the expedition studies of the IEVB RAS in the autumn period from September 14 to October 3, 2020, samples of bottom sediments were collected at 21 stations near of Kuibyshev reservoir dam in a 10-centimeter layer. Based on the results of the granulometric analysis and assessment of the organic matter content in the bottom sediment samples, integral granulometric curves were constructed and the spatial distribution of different characteristics of the bottom sediments was analyzed such as the percentage of organic matter in the samples, the interquartile range and the median value of the bottom sediment size at the studied sampling points. The analysis showed that the largest differences in the percentage of particles in the samples of the studied stations (over 60%) are accounted for by particles with a size of about 0,1 mm. Sampling stations located closer to the right bank are characterized by a smaller size of the bottom sediment soil than stations near the left bank. This is due to the fine-grained erosion products of the catchment area is characterized by a relatively uniform granulometric composition of bottom sediments, also mainly by dusty-sand fractions. More uniform in size soil is observed along the right bank – fine products of erosion of sandstones and dolomites of the right bank. The larger interquartile range characterizes the samples taken along the longitudinal profile of the reservoir dam reach and near the left bank in the shallow water zone. In this area of the water area, which is genetically composed of sands and mineral silts, due to the favorable temperature regime and the peculiarities of the circulation of water masses, intensive organic sedimentation processes occur. On average, for the dam reach the content of organic matter in the bottom sediments is 1,1%, which is in good agreement with the data of other researchers.

Key words: reservoir, soil, sediment, granulometry, water collection, water exchange.

Введение

Разнообразие типов подстилающей поверхности водосбора, различная интенсивность водообмена и неоднородная морфометрия котловины определяют особенности пространственного распределения донных отложений водохранилища по гранулометрическому составу и соотношению минеральной и органической частей. Двухфазный массообмен (включающий в себя циркуляцию водных масс и транспорт наносов) Куйбышевского водохранилища характеризуется большой пространственно-временной изменчивостью, которая определяется режимом сработки водохранилища, конфигурацией берегов, чередованием плесовых расширений и русловых сужений и большими градиентами глубин (от 3 до 40 м). Неоднородный по составу почво-грунтов частный водосбор Куйбышевского водохранилища (91085 км²), в свою очередь, обуславливает особенности гранулометрии продуктов почвенной эрозии в составе донных отложений. Наряду с этим наличие большого количества застойных зон в пределах водохранилища привносит свой вклад в содержание органических отложений в составе донного грунта. Согласно схеме районирования Куйбышевского водохранилища по условиям седиментации, приплотинный плес может быть выделен в отдельную область [6].

Большая работа по оценке донных отложений водохранилищ Волжского каскада достаточно продолжительное время проводилась ИБВВ им. Папанина РАН [5; 7] и другими исследователями [1–3; 8; 12; 13]. В результате этих исследований была получена оценка качественной и количественной динамики донных отложений за продолжительный период существования Куйбышевского водохранилища на основе геоинформационного анализа структуры и динамики грунтового комплекса [7], а также проанализированы особенности формирования, распределения и накопления илистых отложений [5]. В результате анализа донных отложений водохранилищ Волжского каскада выявлено увеличение дисперсности скелета проб по длине водоемов и уменьшение содержания песчаных частиц крупностью более 0,1 мм [5]. При этом замечено [5], что в Куйбышевском водохранилище основным источником поступления наносов (до 87%) являются береговая абразия и русловая эрозия.

Гидрология

Рахуба А.В., Турутина Т.В., Шмакова М.В.

Оценка комплексного влияния гидродинамики, морфологии и морфометрии, разных типов подстилающей поверхности частного водосбора на формирование состава донных отложений приплотинного плеса – самой глубоководной части Куйбышевского водохранилища в настоящее время представляет определенный научный интерес и является целью данного исследования.

Материалы и методы исследования

В основу анализа типов подстилающей поверхности были положены почвенные карты частного водосбора приплотинного плеса Куйбышевского водохранилища [4]. Согласно данным [4], почвы левобережной и правобережной (в верхнем и среднем течениях) частей частного водосбора относятся к черноземам (около 74%), механический состав которых представлен легкоразмываемыми суглинками. Правобережная часть частного водосбора в нижнем течении приплотинного плеса, представленная в своей основной части Жигулевским заповедником, характеризуется как типичными для лесостепной зоны почвами (серые и оподзоленные черноземы), так и глинисто-аллювиальными почвами, известняками и доломитами [4].

Согласно приведенной в [10] схеме частного водосбора Куйбышевского водохранилища с обозначенными различными типами подстилающей поверхности, основная часть частного водосбора приплотинного плеса приходится на лесохозяйственные и сельскохозяйственные угодья. Последнее, совместно с достаточно градиентной орографией и легкоразмываемыми почвами, определяет достаточную интенсивность почвенной эрозии водосборной площади. Таким образом, суглинистые фракции (крупность которых составляет менее 0,005 мм) должны наблюдаться в прибрежных областях акватории, характеризующихся замедленным водообменом.

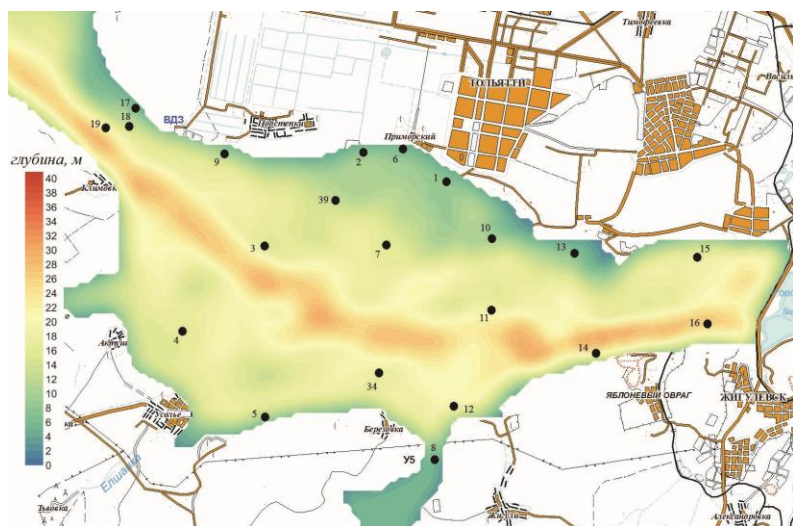


Рис. 1. Батиметрическая схема приплотинного плеса с отмеченными станциями отбора проб

Fig. 1. Bathymetric diagram of the dam reach with the marked sampling points

станции расположены в суженной русловой части Климовского сужения, два ряда станций пробоотбора – вдоль левого и правого берегов и ряд станций – вдоль русловой части приплотинного плеса.

Отобранные пробы были обработаны комбинированным методом пипетка-фракциометр в лаборатории наносов и эрозии отдела мониторинга и экспедиционных исследований ФГБУ ГГИ согласно [9]. Анализ процентного содержания органического вещества в пробах проводился сжиганием части пробы и прокаливанием в муфельной печи [9]. По итогам гранулометрического анализа и оценки содержания органического

В результате экспедиционных исследований ИЭВБ РАН в осенний период с 14 сентября по 3 октября 2020 г. были отобраны пробы донных отложений на 21 станции приплотинного плеса в 10-сантиметровом слое. На батиметрической схеме данного объекта, представленной на рис. 1, отмечены станции отбора проб. Расположение станций отбора проб учитывает морфометрическую неоднородность плеса и особенности водообмена и является репрезентативным для последующего анализа – три

Гидрология

Рахуба А.В., Турутина Т.В., Шмакова М.В.

вещества в пробах донных отложений построены интегральные гранулометрические кривые (рис. 2) и составлена таблица. В таблице приведены качественная характеристика грунта по его медианному значению, медианное значение крупности донных отложений $M_{50\%}$, мм, квантили 75 и 25% обеспеченности $M_{75\%}$ и $M_{25\%}$, мм, межквартильный размах D , доля органического вещества в пробе OB , %.

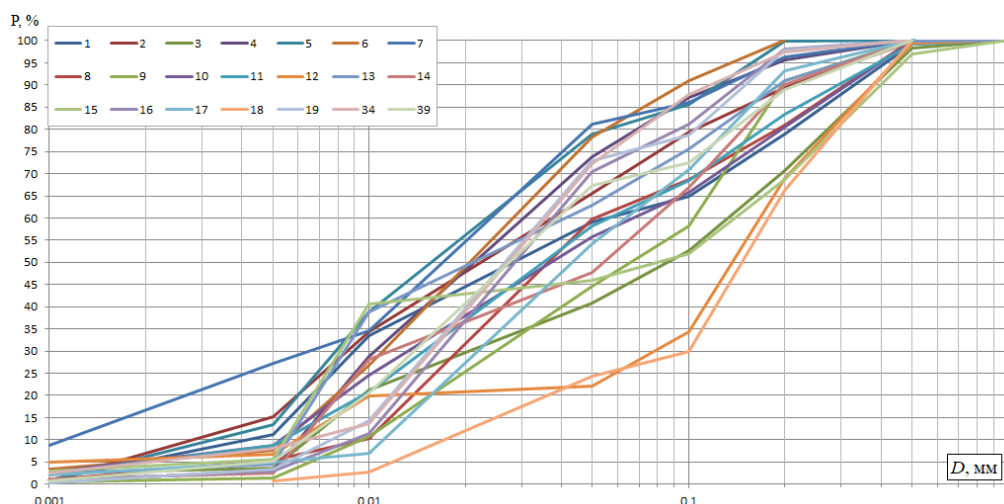


Рис. 2. Кривые гранулометрического состава распределения донных отложений в пробах исследуемых станций Куйбышевского водохранилища, 2020 г.

Fig. 2. The curves of the granulometric composition of the bottom sediments distribution in the samples from the studied stations of the Kuibyshev Reservoir, 2020

Таблица

Характеристика донных отложений приплотинного плеса Куйбышевского водохранилища в осенний период с 14 сентября по 3 октября 2020 г.

Characteristics of bottom sediments of the Kuibyshev Reservoir dam reach in the autumn period from September 14 to October 3, 2020

Место отбора пробы	Характеристика донных отложений	$M_{25\%}$, мм	$M_{50\%}$, мм	$M_{75\%}$, мм	D , мм	OB , %
Станция 1	Песчано-иловато-пылеватый	0,0078	0,028	0,17	0,1622	1,1
Станция 2	Пылевато-илистый	0,0071	0,021	0,080	0,0729	0,8
Станция 3	Песчано-пылеватый	0,013	0,083	0,22	0,207	1,7
Станция 5	Пылевато-илистый	0,007	0,017	0,041	0,034	0,7
Станция 6	Пылевато-илистый	0,0095	0,020	0,046	0,0365	0,8
Станция 7	Пылевато-илистый	0,004	0,017	0,04	0,036	1,3
Станция 8	Пылевато-песчаный	0,017	0,037	0,13	0,113	0,8
Станция 9	Пылевато-песчаный	0,013	0,027	0,061	0,048	0,6
Станция 10	Пылевато-песчаный	0,020	0,067	0,13	0,11	1,3
Станция 11	Пылевато-песчаный	0,010	0,037	0,15	0,14	1,2
Станция 12	Пылевато-песчаный	0,011	0,035	0,14	0,129	0,6
Станция 13	Песчано-иловато-пылеватый	0,059	0,14	0,23	0,171	1,6
Станция 14	Иловато-пылеватый	0,0075	0,020	0,095	0,0875	0,9
Станция 15	Пылевато-илистый	0,009	0,051	0,13	0,121	1,0
Станция 16	Песчано-илистый	0,0074	0,080	0,25	0,2426	1,0
Станция 17	Песчано-пылеватый	0,051	0,15	0,25	0,199	1,3
Станция 18	Пылевато-песчаный	0,018	0,041	0,11	0,092	0,2
Станция 19	Пылевато-песчано-илистый	0,013	0,029	0,069	0,056	0,9
Станция 34	Пылевато-илистый	0,013	0,027	0,058	0,045	2,2
Станция 39	Пылевато-песчано-илистый	0,011	0,028	0,11	0,099	1,8

Для дальнейшего гидродинамического анализа пространственного распределения донных отложений за основу были приняты следующие карты приплотинного плеса Куйбышевского водохранилища. На рис. 3, а и б приведен план течений акватории с выделенными зонами циркуляции водных масс. Карты получены в результате

Гидрология

Рахуба А.В., Турутина Т.В., Шмакова М.В.

моделирования на 2D-гидродинамической модели «Волна» [11] для меженичного периода среднего по водности года, для стационарного режима расчета и при ветровом воздействии на акваторию (при южном ветре доминирующего направления со скоростью 5 м/с).

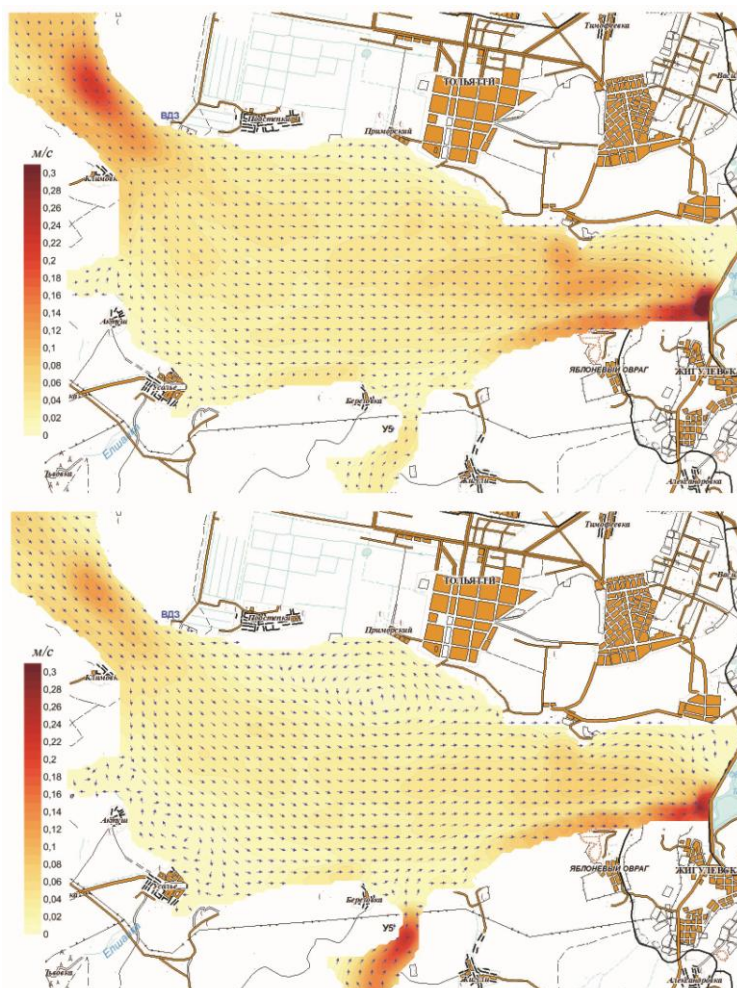


Рис. 3. План течений акватории для стационарного режима расчета:
a – и при ветровом воздействии, *b* – на акваторию

Fig. 3. Plan of the water area currents for a stationary calculation mode *a*) and under wind action *b*) on the water area

Анализ результатов

Состав донных отложений и закономерности их пространственного распределения определяются внешними (тип подстилающей поверхности водосбора, антропогенная освоенность, интенсивность почвенной эрозии) и внутренними (водный режим, интенсивность водообмена, морфометрия водного объекта и морфология котловины) факторами [7].

Результаты проведенного гранулометрического анализа хорошо согласуются с данными исследования [7] в части качественной характеристики донных отложений. Всего на тонкодисперсные отложения в приплотинном плесе приходится более 85%, что также соответствует результатам исследования [7].

Следует заметить, что распределение крупности донных отложений в пределах приплотинного плеса относительно однородное и различия в крупности частиц донного грунта находятся в пределах ошибки определения гранулометрического состава и напрямую зависят от места и глубины отбора пробы. На рис. 3 приведены интегральные кривые гранулометрического состава отобранных проб. Наибольшие различия процентного содержания частиц в пробах исследуемых станций (свыше 60%) приходятся на частицы крупностью около 0,1 мм.

*Гидрология**Рахуба А.В., Турутина Т.В., Шмакова М.В.*

Анализ распределения различных характеристик донных отложений приплотинного плеса Куйбышевского водохранилища, проведенный в соответствии с батиметрией водоема и с характером циркуляции водных масс, показал следующее. Станции отбора проб, расположенные ближе к правому берегу, характеризуются меньшей крупностью грунта донных отложений, чем станции у левого берега. Это объясняется тонкозернистыми продуктами эрозии водосборной части со стороны Жигулевских гор, представленными известняками и доломитами (станции 4, 5, 14 и 34). На левобережной части водосбора расположены сельскохозяйственные угодья, определяющие интенсивную почвенную эрозию (станции 9, 17, 18). Это обуславливает и относительное укрупнение частиц донного грунта у левого берега. При этом выраженная область циркуляции у левого берега (рис. 3, *b*), охватывающая станции 2, 6, 7, 39, вызванная действием ветров, доминирующих в летний период южных направлений, определяет процессы переотложения в этой области наиболее подвижных илистых частиц.

Донные отложения устьевой области р. Уса и участка распространения ее вод (станции 8 и 12) представлены песчаными и пылеватыми фракциями.

Продольный профиль приплотинного плеса, представленный станциями 19, 3, 11, 14 и 16, характеризуется относительно однородным гранулометрическим составом донных отложений – также преимущественно пылевато-песчаными фракциями.

Разнообразие грунта по гранулометрическому составу в пробе выражается величиной межквартильного размаха. Более однородный по крупности грунт наблюдается вдоль правого берега – тонкодисперсные продукты эрозии песчаников и доломитов правобережья. Большой межквартильный размах характеризует пробы, отобранные вдоль продольного профиля плеса. Последнее объясняется содержанием в донных отложениях этой области как песков в составе речных наносов, так и илистых частиц в результате процессов органического осадконакопления в акватории. Значительный межквартильный размах наблюдается и на станциях 1, 10, 13, 15 и 17 отбора проб у левого берега в мелководной зоне. В этой области акватории, генетически сложенной песками и минеральными илами, за счет благоприятного температурного режима и особенностей циркуляции водных масс также активно, как в глубоководной зоне, проходят процессы органического осадконакопления.

Наибольшее содержание органических веществ отмечено в пробах, отобранных в центральной (глубоководной) части плеса (станции 3, 4, 7, 11, 14, 18, 19, 34, 39), и изменяется от 1,3 до 2,2%, тогда как вдоль левой и правой прибрежной зон – от 0,2 до 0,9% (таблица). Это связано с тем, что в глубоководной части плеса расход наносов [11] и скорость седиментации минеральной и органической взвеси значительно выше, чем на левобережном и правобережном мелководьях. В результате в центральной части плеса происходит активное осадконакопление (илонакопление) богатое детритом. В среднем для приплотинного плеса содержание органического вещества в донных отложениях составляет 1,1%. Последнее хорошо согласуется с данными анализа донных отложений Куйбышевского водохранилища (0,25–12,7%), опубликованными в [7].

Выводы

В осенний период 2020 г. в результате экспедиционных работ ИЭВБ РАН был проведен отбор проб донных отложений приплотинного плеса Куйбышевского водохранилища на 21 станции.

На пространственное распределение донных отложений водного объекта определяющее влияние оказывают морфология и морфометрия, почвообразующие грунты водосбора и особенности двухфазного массообмена. Впервые для приплотинного плеса Куйбышевского водохранилища проведен анализ гранулометрического состава донных

Гидрология

Рахуба А.В., Турутина Т.В., Шмакова М.В.

отложений и содержания органического вещества в них в сопряжении с комплексными данными о циркуляции водных масс в акватории, батиметрии и типами подстилающей поверхности частного водосбора.

Проведенный анализ гранулометрического состава показал относительную однородность донного грунта приплотинного плеса по крупности. При этом, в зависимости от расположения точек отбора, прослеживаются определенные закономерности распределения крупности донных отложений в пространстве.

Тонкодисперсные фракции с наименьшим разбросом гранулометрической кривой приходится на пробы, взятые у правого берега. Водосборная площадь правого берега обеспечивает прилегающую акваторию продуктами размыва известняков и доломитов, слагающих Жигулевские горы. Почвенная эрозия водосборной площади левого берега, представленной сельскохозяйственным угодьями, определяет в составе донных отложений мелко- и среднедисперсные фракции.

Наибольший разброс крупности донных отложений приходится на продольный профиль плеса, характеризующийся большими глубинами. Это объясняется тем, что в состав донного грунта включены осаждающиеся перед плотиной песчаные наносы, а также илы, продукты органического осадконакопления. Левобережная мелководная часть акватории характеризуется незначительными скоростями течения, а при ветровом воздействии возникает замкнутая круговая циркуляция водных масс. Это все обуславливает содержание фракций относительно широкого диапазона крупности. При этом выраженное поступательное движение вдоль правого берега плеса определяет незначительный межквартильный размах.

Интенсивные процессы органического осадконакопления приходится на мелководную зону левого берега плеса. Эта часть акватории характеризуется благоприятным температурным режимом и незначительными значениями скорости течения. Сельскохозяйственно освоенная левобережная часть акватории является источником биогенных веществ, определяющих активное в летний период развитие различных органических форм.

Наибольшее содержание органических веществ приходится на глубоководные части плеса. Это объясняется благоприятными для переноса тонкодисперсных органических фракций малой плотности условиями циркуляции водных масс. Глубоководные части акватории в этом случае представляются аккумулялирующими емкостями иловых отложений.

Работа выполнена при финансовом обеспечении за счет средств Федерального бюджета в рамках тем № 0154-2019-0001 и № АААА-А17-117112040039-7.

The work was financed from the federal funds allocated for the topics No. 0154-2019-0001 and No. АААА-А17-117112040039-7.

Библиографический список

1. Бамбуров И.С., Беспалый В.Г., Викулов А.И., Выхристюк Л.А., Выхристюк М.М. и др. Динамика ландшафтов в зоне влияния Куйбышевского водохранилища. СПб.: Наука, 1991. 224 с.
2. Баранов И.В. Содержание гумуса, азота и фосфора в грунтах Куйбышевского водохранилища // Тр. Татар. отд. ГосНИИОРХ. Казань, 1964. Вып. 10. С. 48–53.
3. Выхристюк Л.А., Варламова О.Е. Донные отложения и их роль в экосистеме Куйбышевского водохранилища. Самара, 2003. 174 с.
4. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России [Электронный ресурс]. URL: <http://atlas.mcx.ru/materials/egrpr/content/1DB.html> (дата обращения: 05.03.2018).
5. Законнов В.В. Илонакопление в системе водохранилищ Волжского каскада // Труды Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН. 2016. № 75(78). С. 30–40.
6. Законнов В.В., Законнова А.В., Цветков А.И., Шершьева Н.Г. Гидродинамические процессы и их роль в формировании донных осадков водохранилищ Волжско-Камского каскада // Тр. Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук. 2018. Вып. 81(84). С. 35–46.

Гидрология

Рахуба А.В., Турутина Т.В., Шмакова М.В.

7. Законнов В.В., Иванов Д.В., Хасанов Р.Р., Законнова А.В., Маланин В.В., Марасов А.А. Пространственно-временная трансформация грунтового комплекса водохранилищ Волги. Сообщение 6. Донные отложения Куйбышевского водохранилища и их картирование с использованием геоинформационных технологий // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2019. № 2. С. 72–89.

8. Калинин В.Г., Пьянков С.В., Перевощикова О.А. О формировании подводного рельефа дна долинных водохранилищ (на примере Камского) // Географический вестник. 2018. № 1(44). С. 128–137.

9. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Вып. 6. Ч. I. Гидрологические наблюдения и работы на больших и средних реках (3-е изд., перераб. и доп.). Л.: Гидрометеониздат, 1989. 92 с.

10. Поздняков Ш.Р., Брюханов А.Ю., Кондратьев С.А., Игнатъева Н.В., Шмакова М.В. и др. Перспективы сокращения выноса биогенных элементов с речных водосборов за счет внедрения наилучших доступных технологий сельскохозяйственного производства (по результатам моделирования) // Водные ресурсы. 2020. Т. 47. № 5. С. 588–602.

11. Рахуба А.В., Шмакова М.В. Численное моделирование заиления приплотинного плеса Куйбышевского водохранилища речными наносами // Метеорология и гидрология. 2018. № 1. С. 68–75.

12. Ступишин А.В., Трофимов А.М., Широков В.М. Географические особенности формирования берегов и ложа Куйбышевского водохранилища. Казань, 1981. 184 с.

13. Широков В.М. Формирование современных донных отложений в Куйбышевском водохранилище // Сборник работ Комсомольской гидрометеорологической обсерватории. Тольятти, 1965. Вып. 6. 19 с.

References

1. Bamburov, I.S., Bespalyj, V.G., Vikulov, A.I., Vyhrystyuk, L.A., Vyhrystyuk, M.M., Zubenko, F.S., Leont'eva, E.V., Popova, T.A., Seleznev, V.A., Semenova N.N., Tyurina, V.A. (1991), *Dinamika landshaftov v zone vliyaniya Kujbyshevskogo vodohranilishcha*, SPb: Nauka, 224 p.

2. Baranov, I.V. (1964), "Soderzhanie gumusa, azota i fosfora v gruntah Kujbyshevskogo vodohranilishcha", *Tr. Tatar. otd. GosNIORH*. Vol. 10, pp. 48–53.

3. Vyhrystyuk, L.A., Varlamova, O.E. (2003), *Donnye otlozheniya i ih rol' v ekosisteme Kujbyshevskogo vodohranilishcha*, Samara, 174 p.

4. *Edinyj gosudarstvennyj reestr pochvennyh resursov Rossii (Elektronnyj resurs)*. Available at: <http://atlas.mcx.ru/materials/egrpr/content/1DB.html> (accessed 05.03.2018).

5. Zakonnov, V.V. (2016), "Ilonakoplenie v sisteme vodohranilishch Volzhskogo kaskada", *Proceedings of the I.D. Papanin Institute of Biology of Inland Waters of the Russian Academy of Sciences*, no 75(78), pp. 30–40.

6. Zakonnov, V.V., Zakonnova, A.V., Cvetkov, A.I., Sherysheva, N.G. (2018), "Gidrodinamicheskie processy i ih rol' v formirovanii donnyh osadkov vodohranilishch Volzhsko-Kamskogo kaskada", *Tr. Instituta biologii vnutrennih vod im. I.D. Papanina Rossijskoj akademii nauk*, no 81(84), pp. 35–46.

7. Zakonnov, V.V., Ivanov, D.V., Hasanov, R.R., Zakonnova, A.V., Malanin, V.V., Marasov, A.A. (2019), "Prostranstvenno-vremennaya transformaciya gruntovogo kompleksa vodohranilishch Volgi. Soobshchenie 6. Donnye otlozheniya Kujbyshevskogo vodohranilishcha i ih kartirovanie s ispol'zovaniem geoinformacionnyh tekhnologij, *Vodnoe hozjajstvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie*, no 2, pp. 72–89.

8. Kalinin, V.G., Pyankov, S.V., Perevoshchikova, O.A. (2018), "O formirovanii podvodnogo rel'yefa dna dolinnykh vodohranilishch (na primere Kamskogo)", *Geographical Bulletin*, no 1(44), pp. 128–137.

9. *Nastavlenie gidrometeorologicheskim stanciyam i postam. Vypusk 6. CHast' I. Gidrologicheskie nablyudeniya i raboty na bol'shij i srednij rekah (3-e izdanie, pererabotannoe i dopolnennoe)* (1989), L: Gidrometizdat, 92 p.

10. Pozdnyakov, Sh.R., Bryuhanov, A.Yu., Kondrat'ev, S.A., Ignat'eva, N.V., Shmakova, M.V., Minakova, E.A., Rasulova A.M., Oblomkova, N.S., Vasil'ev, E.V., Terekhov, A.V. (2020), "Perspektivy sokrashcheniya vynosa biogennyh elementov s rechnykh vodosborov za schet vnedreniya nailuchshih dostupnyh tekhnologij sel'skohozyajstvennogo proizvodstva (po rezul'tatam modelirovaniya)", *Vodnye resursy*, vol. 47, no 5, pp. 588–602.

11. Rakhuba, A.V., Shmakova, M.V. (2018), "Chislennoe modelirovanie zaileniya priplotinnogo plesa Kujbyshevskogo vodohranilishcha rechnymi наносами", *Meteorologiya i gidrologiya*, no 1, pp. 35–48.

12. Stupishin, A.V., Trofimov, A.M., Shirokov, V.M. (1981) *Geograficheskie osobennosti formirovaniya beregov i rusla Kujbyshevskogo vodohranilishcha*, Kazan, 184 p.

13. Shirokov, V.M. (1965), "Formirovanie sovremennyh donnyh otlozhenij v Kujbyshevskom vodohranilishche", *Tr. Kujbyshev. gidromet. Observatorii*. Vol. 5, pp. 28–32.

Поступила в редакцию: 20.04.2021

Сведения об авторах

Александр Владимирович Рахуба

кандидат технических наук, старший научный сотрудник, и. о. заведующий лабораторией мониторинга водных объектов, Самарский федеральный исследовательский центр РАН,

About the authors

Aleksandr V. Rakhuba

Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Head of the Laboratory for Water Bodies Monitoring, Samara Federal Research Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Institute of Ecology of the Volga

Гидрология

Федоров Ю.А., Гарькуша Д.Н., Чепурная В.И., Доценко И.В., Костенко Д.Ф.

Институт экологии Волжского бассейна РАН;
Россия, 445003, Самарская обл., г. Тольятти, ул.
Комзина, д. 10

River Basin of the Russian Academy of Sciences;

10, Komzina st., Togliatti, 445003, Russia

e-mail: rahavum@mail.ru

Татьяна Валерьевна Турутина

научный сотрудник, и.о. заведующей лабораторией
наносов и эрозии ФГБУ "Государственный
гидрологический институт";

Россия, 199004, г. Санкт-Петербург, 2-я линия В.о., д.
23

Tatyana V. Turutina

Researcher, Head of the Laboratory for Sediment and
Erosion, State Hydrological Institute;

23, 2nd line, Vasilyevsky Ostrov, St. Petersburg, 199004,
Russia

e-mail: turutina.tatyana@yandex.ru

Марина Валентиновна Шмакова

доктор географических наук, ведущий научный
сотрудник лаборатории математических методов
моделирования ИНОЗ РАН – СПб ФИЦ РАН;

Россия, 196105, г. Санкт-Петербург, ул. Севастьянова,
9

Marina V. Shmakova

Doctor of Geographical Sciences,
Leading Researcher, Laboratory of Mathematical
Modeling Methods, Institute of Limnology of the Russian
Academy of Sciences;

9, Sevastyanova st., St. Petersburg, 196105, Russia

e-mail: m-shmakova@yandex.ru

Пробьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Рахуба А.В., Турутина Т.В., Шмакова М.В. Донные отложения приплотинного плеса Куйбышевского водохранилища (по данным экспедиционных исследований 2020 г.) // Географический вестник = Geographical bulletin. 2021. №3(58). С. 107–115. doi: 10.17072/2079-7877-2021-3-107-115.

Please cite this article in English as:

Rakhuba, A.V., Turutina, T.V., Shmakova, M.V. (2021). Bottom sediments near the Kuibyshev Reservoir dam (according to the data of the 2020 expedition research). *Geographical bulletin*. No. 3(58). Pp. 107–115. doi: 10.17072/2079-7877-2021-3-107-115.

УДК 556.3:546.03

DOI: 10.17072/2079-7877-2021-3-115-129

КАДМИЙ В ВОДЕ ПО КОНТИНУУМУ «ЭСТУАРИЙ Р. МИУС – ТАГАНРОГСКИЙ ЗАЛИВ АЗОВСКОГО МОРЯ»

Юрий Александрович Федоров

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7411-3030>

e-mail: fedorov@sfedu.ru

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

Дмитрий Николаевич Гарькуша

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5026-2103>

e-mail: gardim@sfedu.ru

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

Виктория Игоревна Чепурная

e-mail: vchepurnaya@sfedu.ru

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

Ирина Владимировна Доценко

e-mail: dotsenko@sfedu.ru

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

Дарья Федоровна Костенко

e-mail: solodko@sfedu.ru

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

