



**Министерство природных ресурсов и экологии
Российской Федерации**



**Федеральная система особо охраняемых
природных территорий Минприроды России**



**Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Государственный природный заповедник «Присурский»**



**Чувашское отделение
Русского энтомологического общества**

НАУЧНЫЕ ТРУДЫ

**государственного природного
заповедника «Присурский»**

Том 38

УДК 556.55:574.2 (470.344)

¹Иванов Д.В., ^{1,2}Зиганшин И.И., ³Осмелкин Е.В.

¹Россия, г. Казань, Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан (обособленное подразделение ГНБУ «Академия наук РТ»),
water-rf@mail.ru, irek_ziganshin@mail.ru,

²Россия, г. Казань, ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»,
iriziganshin@kpfu.ru,

³Россия, г. Чебоксары, ФГБУ «Государственный заповедник «Присурский», prisurskij@mail.ru

ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ОЗЕР ОХРАННОЙ ЗОНЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВЕДНИКА «ПРИСУРСКИЙ» В МЕСТАХ ОБИТАНИЯ ВЫХУХОЛИ РУССКОЙ (*DESMANA MOSCHATA*)

Ivanov D.V., Ziganshin I.I., Osmelkin E.V.

BOTTOM SEDIMENTS TYPOLOGICAL CHARACTERISTICS OF LAKES IN THE PRISURSKY STATE NATURE RESERVE BUFFER ZONE IN THE HABITATS OF THE RUSSIAN DESMAN (*DESMANA MOSCHATA*)

РЕЗЮМЕ. Проведены исследования донных отложений старичных озер р. Сура на территории охранной зоны государственного заповедника «Присурский» в местах обитания русской выхухолы. Показано, что плотные глинистые илы с высоким содержанием органического вещества обеспечивают благоприятные условия для жизнедеятельности русской выхухолы.

SUMMARY. The sediment at the bottom of oxbow lakes, situated in the Sura River floodplain, were examined in the Prisursky State Nature Reserve buffer zone, which is the habitat of the Russian desman. The study revealed that the dense clayey silts containing high levels of organic matter create favorable living conditions for *Desmana moschata*.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Выхухоль русская, донные отложения, гранулометрический состав, органическое вещество, пойменные озера, государственный природный заповедник «Присурский», Чувашская Республика.

KEYWORDS. *Desmana moschata*, bottom sediments, granulometric composition, organic matter, floodplain lakes, Prisursky State Nature Reserve, Chuvash Republic.

Введение

Донные отложения являются важнейшим компонентом водных экосистем, во многом определяющим функционирование и экологическое состояние поверхностных водоемов и водотоков. Мониторинг водных объектов предусматривает обязательное изучение донных отложений как фактора, определяющего условия существования гидробионтов и непосредственно влияющего на формирование качества воды. Оценка качества донных отложений включена в программы контроля загрязнения поверхностных вод в Российской Федерации (ГОСТ 17.1.5.01-80; РД 52.18.595-96; РД 52.24.609-2013; РД 52.24.309-2016; Методические ..., 2014) и за рубежом (ГЕО-3, 2002).

Являясь средой обитания для многочисленных водных организмов, донные отложения участвуют во внутриводоемном круговороте веществ и потоках энергии, оказывая значительное влияние на видовую и пространственную структуру водных биоценозов (Романкевич, 1971; Golterman, 1975; Montanholi-Martins, Takeda, 1999; Ólafsson, Paterson, 2004; Жирков, 2010). Накапливая загрязняющие вещества, донные отложения не только способствуют самоочищению водных объектов, но и могут являться источником их вторичного загрязнения, в том числе внутренней биогенной нагрузки. Накопление биогенных и органических веществ в донных отложениях приводит к ускоренному эвтрофированию водоемов, становясь одним из главных факторов их деградации (Vollenweider, 1975; Larsen, 1976; Carlson, 1977; Мартынова, 1988; Vollenweider, 1989; Кондратьева, 2000; Неверова-Дзиопак, 2003; Selig, 2003; Мартынова, 2006; Цветкова, Неверова-Дзиопак, 2017).

Изучение физико-химических свойств донных отложений позволяет получить достоверную картину загрязнения поверхностных вод. Особенно актуальным мониторинг донных отложений становится для небольших, мелководных малопроточных водоемов, которые наиболее уязвимы к антропогенному воздействию и сильнее реагируют на все его виды (Россолимо, 1977; Антропогенное ..., 1980; Йоргенсен, 1985; Прыткова, 1990). Для них накопление донных отложений может явиться критическим фактором, приводящим к их полному исчезновению (Мартынова, 2010; Прыткова, 2011).

Для озер, особенно мелководных, накопление донных отложений также рассматривается, наряду с антропогенным эвтрофированием, как один из главных факторов деградации. Заиление озер минеральными и органическими взвесями ведет к изменению их морфометрических

характеристик, постепенному зарастанию и потере водного зеркала. Зачастую даже особый природоохранный статус не может гарантировать сохранение экосистемы того или иного водного объекта, включая ее биологическое разнообразие (Яковлев и др., 2003а,б; Горшкова и др., 2016; Иванов и др., 2016; Зиганшин и др., 2017, 2018, 2021, 2023). Сокращение количества озер вследствие заиления в течение последних 50 лет отмечается во многих регионах Среднего Поволжья, включая территорию Чувашской Республики. В этой связи установление закономерностей осадконакопления, изучение состава и свойств донных отложений озер представляет собой актуальную практическую задачу, которая может быть решена на основе проведения комплексных исследований, охватывающих все компоненты озерных экосистем и их водосборных территорий.

Для Чувашской Республики в 2007–2019 гг. были выполнены широкомасштабные исследования по установлению закономерностей осадконакопления в разнотипных озерах, которые позволили оценить скорость накопления донных отложений, как в историческом аспекте, так и на современном этапе природно-антропогенной трансформации озерных экосистем, дать характеристику состава и свойства разнотипных седиментов, сформулировать прогноз эволюции озер с учетом показателей скорости осадконакопления (Осмелкин, 2018).

Несмотря на охват данными исследованиями практически всей территории Чувашии, изучение донных отложений пойменных озер Присурья до настоящего времени носило фрагментарный характер (Яковлев и др., 2000, 2003а; Зиганшин и др., 2005; Осмелкин и др., 2015; Иванов и др., 2018; Осмелкин, 2018). Особую значимость для более детального изучения донных отложений старичных озер р. Сура, расположенных в пределах охранной зоны государственного природного заповедника «Присурский», придает наличие в этих водоемах мест обитания выхухоли русской [*Desmana moschata* (Linnaeus, 1758)] – редкого вида млекопитающих, занесенного в Красную книгу Российской Федерации. Сочетание определенных факторов среды в пойменных водоемах р. Сура способствовало расселению данного вида в нескольких озерах заповедника, где факт их обитания был установлен (Рутовская и др., 2017, 2018). Особенности грунтового комплекса озер и литология почв их береговой зоны, которые обеспечивают возможность строительства выхухолью нор и подводных каналов, могли играть большую роль в успешности вида в регионе (Иванов и др., 2022). Обеспеченность донных отложений элементами питания также способствует формированию в озерах необходимых для выхухоли кормовых условий (Подшивалина и др., 2020; Rutovskaya et al., 2020).

В условиях усиления антропогенного воздействия и ухудшения экологического состояния водных экосистем в результате эвтрофирования и загрязнения исследование типологических характеристик донных отложений озер, определяющих местообитание исчезающих видов флоры и фауны, приобретает первостепенную важность.

Материал и методика

Объектами исследования явились 6 старичных озер (Базарское, Башкирское, Большое Щучье, Малое Щучье, Лиса и Чебак), расположенных в пойме р. Сура, в охранной зоне государственного природного заповедника «Присурский» (рис. 1). Исследования включали проведение грунтовой съемки и отбор проб донных отложений озер в летний период 2019 г.

Отбор проб озерных отложений выполнялся в соответствии с ГОСТ 17.1.5.01-80 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность» и РД 52.24.609-2013. «Методические указания. Организация и проведение наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях». На каждом из озер в наиболее глубокой точке, определяемой на основе полученных в ходе измерения глубин батиметрических данных (промеры осуществлялись с лодки при помощи лота с храпцом, координаты точек промеров глубин фиксировались GPS-навигатором Garmin CSx 76) отбирали керн донных отложений при помощи гравитационной трубки ГОИН-1. Сводная информация об основных морфометрических показателях исследованных озер приведена в табл. 1.

Отбор поверхностных проб осуществляли при помощи дночерпателя ДАК-100 по поперечному профилю, закладываемому в местах расположения нор выхухоли. На тех озерах (Башкирское, Чебак), где обитание выхухоли пока не было установлено, выбор расположения трансекты осуществлялся с учетом характерных для данного водного объекта глубин. Расположение точек отбора проб приведено на рис. 2.

В результате полевых исследований отобрано 6 кернов отложений мощностью от 41 до 100 см, а также 26 поверхностных проб. Непосредственно после отбора керны разделяли на равные слои мощностью по 5 см для последующего химического анализа. В общей сложности отобрано и проанализировано 123 пробы донных отложений.

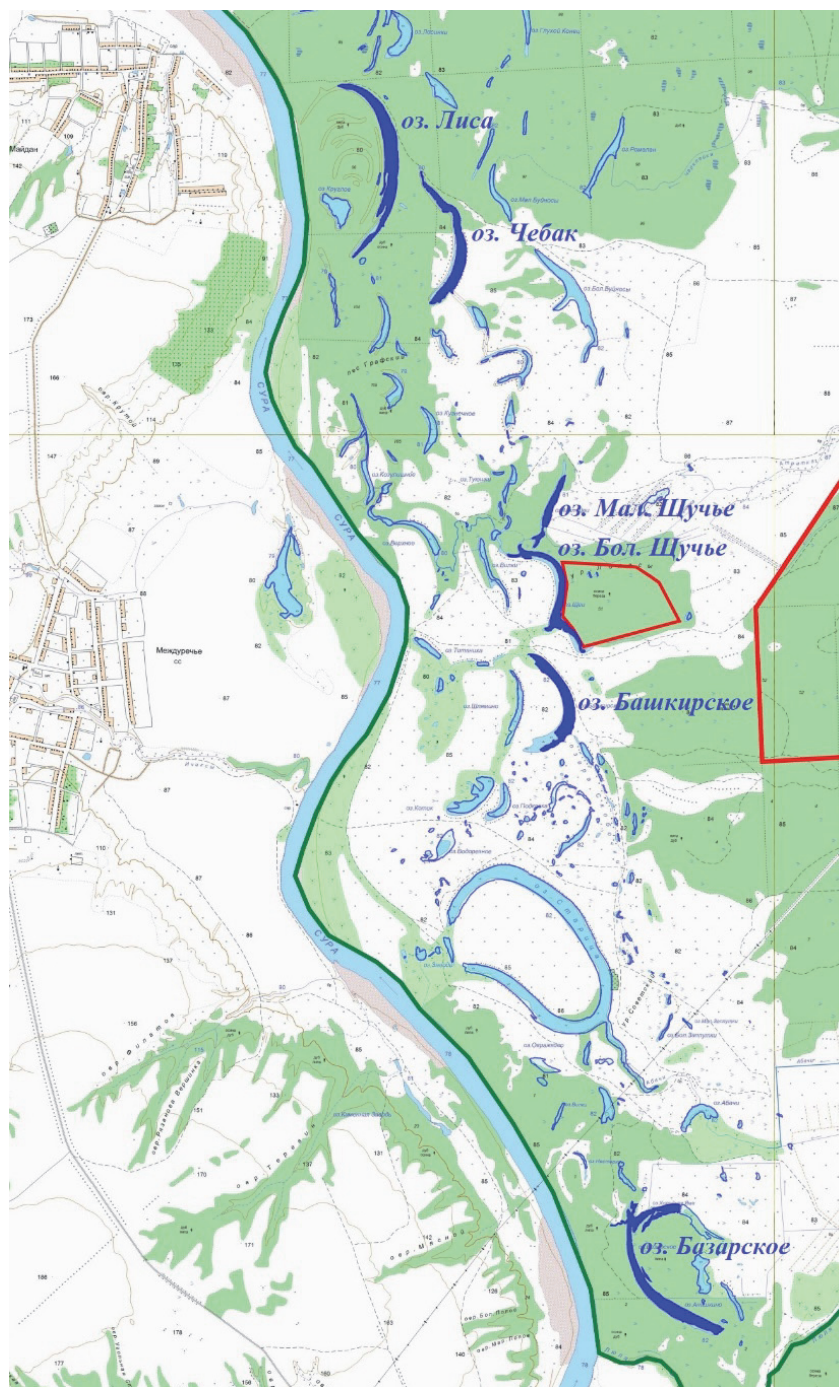
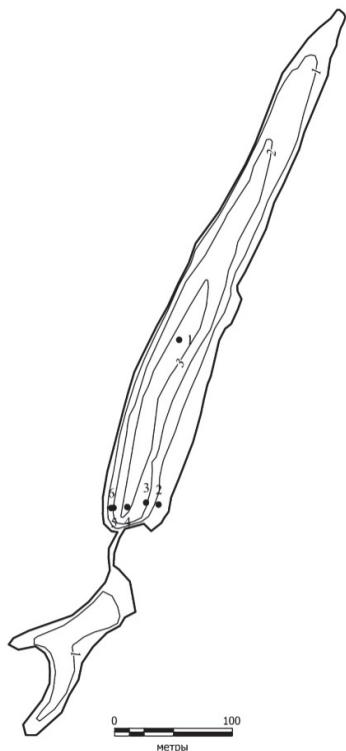


Рис. 1. Местоположение изученных озер.

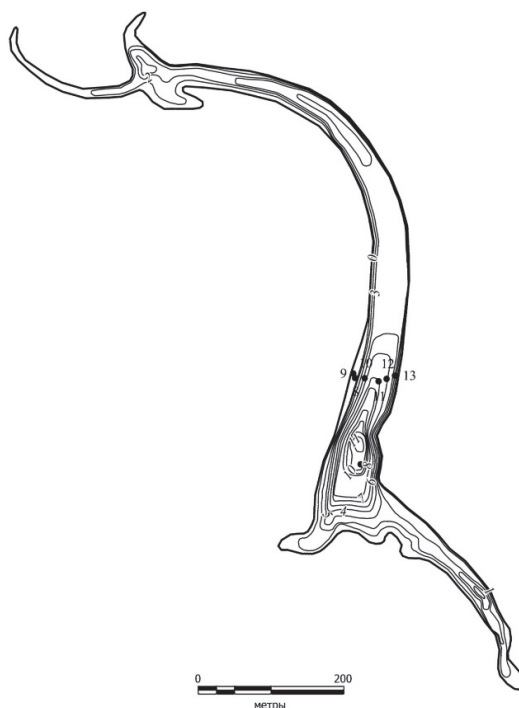
Физико-химические исследования донных отложений включали определение гранулометрического состава (ГОСТ 12536-2014 «Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава»), содержания органического вещества по величине потерь при прокаливании (ГОСТ 26213-91 «Почвы. Методы определения органического вещества» и ПНДФ 16.2.2:2.3:3.32-02 «Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений содержания сухого и прокаленного остатка в твердых и жидких отходах производства и потребления, осадках, шламах, активном иле, донных отложениях гравиметрическим методом»), влажности (ГОСТ 5180-2015 «Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик») и объемного веса (плотности) (ГОСТ 5182-78 «Грунты. Методы лабораторного определения объемного веса»).

В лаборатории пробы донных отложений озер высушивали в термостате при температуре 50–60⁰С, растирали в фарфоровой ступке и пропускали через сито с диаметром ячеек 1 мм. Образец озерных отложений тщательно перемешивался, его часть весом около 10 г растиралась в агатовой ступке, просеивалась через сито 0,25 мм и в дальнейшем использовалась для определения содержания органического вещества.

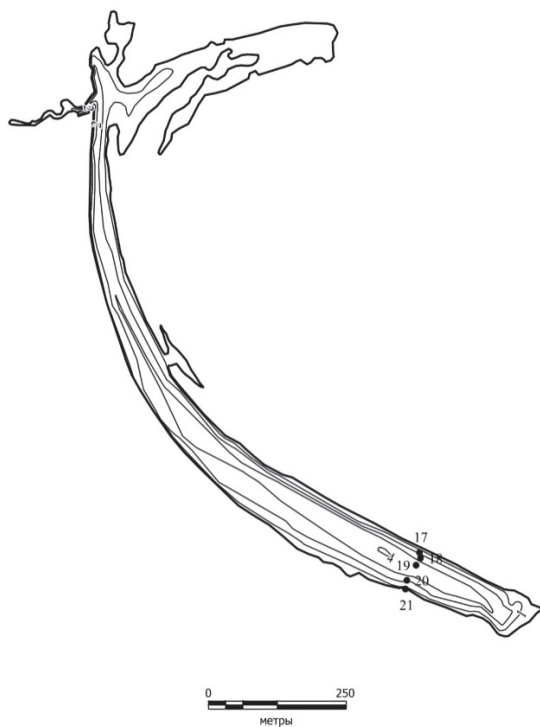
Лабораторные исследования проводились на базе лаборатории биогеохимии Института проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан (обособленное подразделение ГБУ «Академия наук РТ»). Статистическая обработка данных выполнена с использованием пакета STATISTICA 10.0.



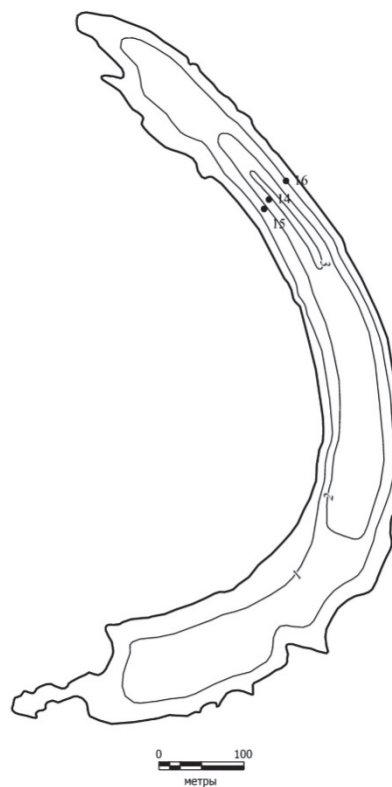
оз. Малое Щучье



оз. Большое Щучье



оз. Базарское



оз. Башкирское

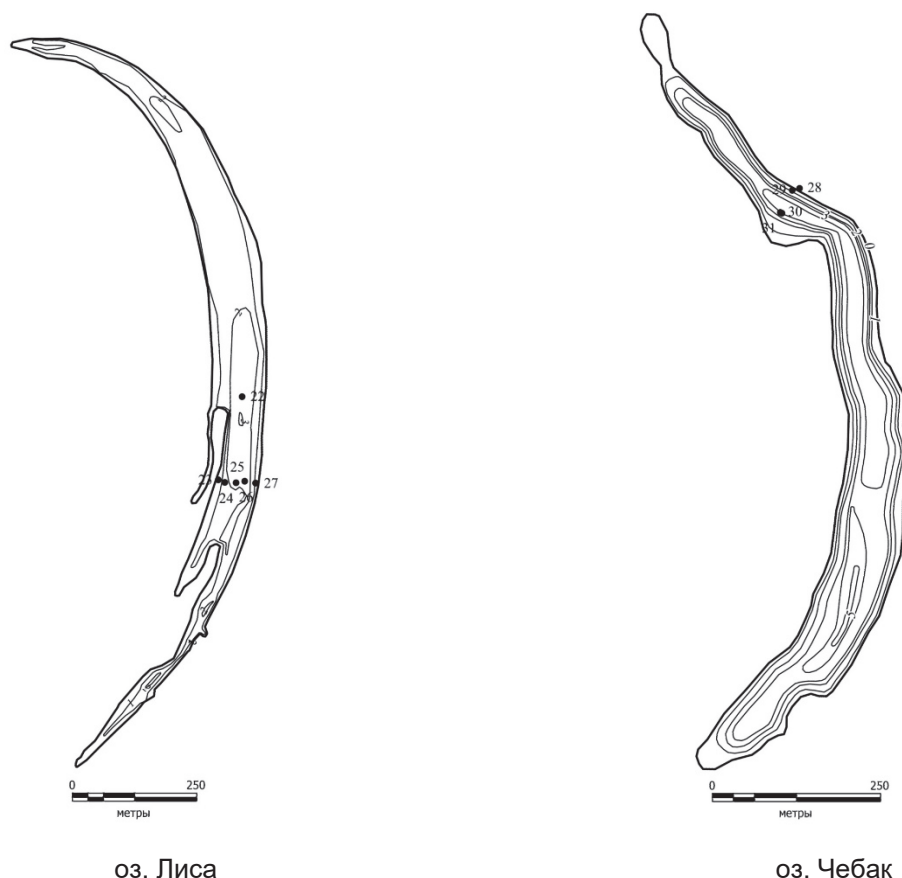


Рис. 2. Станции отбора поверхностных проб и кернов донных отложений в исследованных озерах.

Таблица 1

Морфометрические показатели исследованных озер

Озеро	**Высота уреза воды, абс. м	*Площадь, м ²	**Объем, м ³	*Глубина средняя, м	*Глубина макс., м	**Длина, м	**Ширина, м	**Ширина средняя, м	*Уклон дна, градусы	**Доля литорали в площади озера
Базарское	80	131864	150500	1,14	4,1	1752	151	75,26	18,4	0,48
Башкирское	82	100657	127700	1,27	3,0	1075	113	93,63	7,9	0,55
Большое. Щучье	82	61345	182000	2,97	11,4	1322	160	46,40	64,6	0,30
Лиса	79	123831	150610	1,22	2,8	1825	116	67,85	8,6	0,57
М. Щучье	82	26952	39560	1,47	3,8	674	63	39,99	13,8	0,54
Чебак	85	94323	239200	2,54	5,1	1338	103	70,50	29,5	0,30

Обозначения. * – по: Rutovskaya et al., 2020; ** – данные Александрова А.Н.

Результаты исследований и их обсуждение

В структуре донных отложений исследованных озер преобладают минеральные осадки с содержанием органического вещества (по потерям при прокаливании) от 2,1 до 26,8% (табл. 2). На мелководных участках большинства озер, покрытых зарослями высшей водной растительности (погруженной, воздушно-водной), илистое дно, как правило, покрывают не успевшие разложиться фрагменты тканей макрофитов. Накопление детритной органики на глубинах до 2 м характерно преимущественно для водоемов с хорошо развитой литоралью, доля которой от общей площади озер, как отмечалось, варьирует от 0,30 (Большое Щучье) до 0,57 (Лиса). Не случайно именно в профиле донных отложений оз. Лиса зафиксировано максимальное количество органического детрита в пределах верхних 25 см, что указывает на то, что активные процессы зарастания начались в озере относительно недавно.

Таблица 2

Типологические характеристики донных отложений озер

Озеро	Частицы <0,01 мм, %*	ППП** %	Тип отложений литорали	Тип отложений профундали	Плотность, г/см ³	Влажность, %
Базарское	<u>70,5</u> 24,7–95,2	<u>12,6</u> 4,7–26,8	Песчанистый ил, глинистый ил	Глинистый ил	1,30	59
Башкирское	<u>84,5</u> 71,2–96,6	<u>13,1</u> 8,9–18,9	Глинистый ил	Глинистый ил	1,41	60
Большое Щучье	<u>54,7</u> 11,7–92,6	<u>12,9</u> 2,1–24,3	Илистый песок, песчанистый ил	Глинистый ил	1,43	59
Лиса	<u>87,5</u> 39,9–97,3	<u>12,8</u> 5,9–23,1	Глинистый ил	Глинистый ил	1,25	58
Малое Щучье	<u>63,9</u> 20,2–94,1	<u>13,4</u> 3,2–18,8	Песчанистый ил, глинистый ил	Глинистый ил	1,47	63
Чебак	<u>82,8</u> 14,0–97,4	<u>14,5</u> 3,0–18,6	Глинистый ил	Глинистый ил	1,46	55

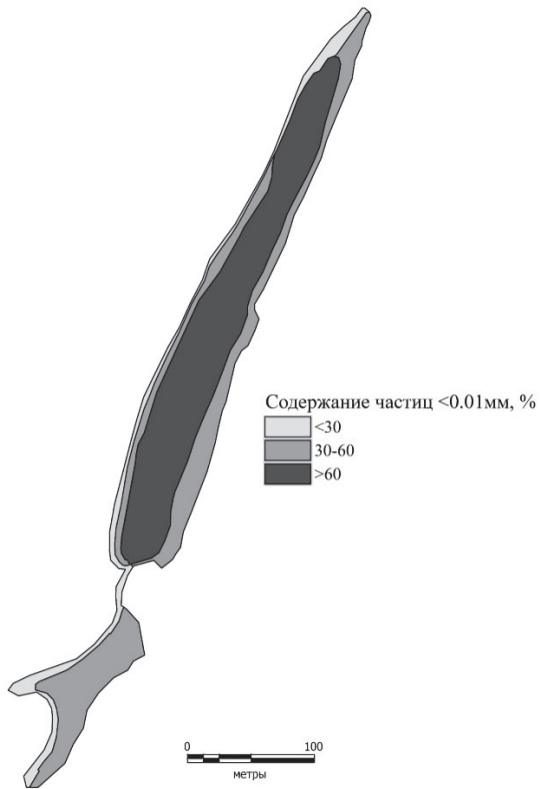
Обозначения. * числитель – среднее, знаменатель – пределы колебаний; ** ППП – потери при прокаливании.

В типологическом отношении пойменные озера заповедника существенным образом отличаются от водораздельных карстовых озер и прудов Чувашской Республики, в которых содержание частиц глинистой размерности в донных отложениях обычно не превышает 60% даже на наиболее глубоких участках их ложа (Осмелкин, 2018). Доминирующим типом отложений озер Присурья являются глинистые илы с содержанием пелитовых фракций от 11,7 до 96,6% (табл. 2, рис. 3). Среднее же содержание частиц размером <0,01 мм в озерных осадках составляет 76,4%. В гранулометрическом спектре отложений абсолютно доминируют илистая (<0,001 мм) и мелкоалевритовая (0,005–0,001 мм) фракции, доли которых составляют 38% и 30%, соответственно. Такой размерный спектр частиц указывает на спокойную гидродинамическую обстановку на пойме в период прохождения весеннего паводка, способствующую отложению в ложе озер наиболее тонких фракций аллювия.

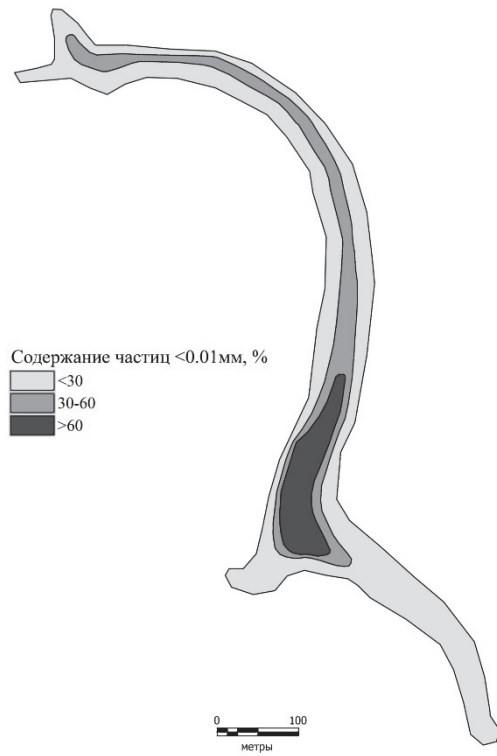
Другая существенная отличительная черта старичных озер охранной зоны заповедника «Присурский» – глинистый характер отложений их мелководной зоны (табл. 2, рис. 3). Илистые пески и песчанистые илы по результатам грунтовой съемки отмечены на литорали двух озер из шести обследованных: Большое и Малое Щучье. Озера представляют собой единую водную систему (ранее – единый водоем) и соединены между собой протокой. Их отличают активный характер современных процессов трансформации дна и берегов (Осмелкин и др., 2012). Возможно, благодаря именно этим процессам происходит «обновление» мелководных озер, сопровождаемое выносом тонкодисперсных фракций отложений в зоны sublиторали и профундали.

Анализ профилей донных отложений озер, полученных по результатам отбора кернов, показал, что в четырех из шести обследованных озер в ходе грунтовой съемки были вскрыты речные отложения, отличающиеся от расположенных выше слоев озерного аллювия песчаным гранулометрическим составом, что позволило четко выделить границу переход от собственно старичных к русловым осадкам р. Сура (рис. 4). При этом мощность старичных (вторичных) отложений варьировала довольно широко, учитывая, что озера расположены в пределах однородного пойменного массива: от 33 см (Большое Щучье) до 100 см (Базарское). На озерах Башкирское и Лиса русловые осадки не были вскрыты. Это означает, что их мощность превышает 1 м. Важно отметить, что из исследованных водоемов озера Лиса, Башкирское и Базарское расположены на наиболее близком расстоянии от современного русла р. Сура.

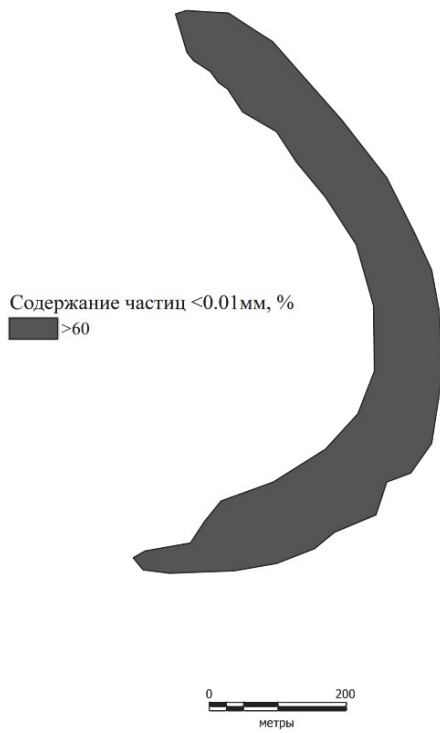
Есть основания полагать, что по этой причине длительность половодья у них несколько выше, соответственно, количество взвешенного материала, аккумулируемого на единицу площади дна, в них также должно быть выше, чем на озерах Чебак, Малое и Большое Щучье. Факт наличия, в сравнении с оз. Большое Щучье, более мощного слоя ила в наиболее глубокой юго-западной части котловины оз. Малое Щучье отражает изменение ширины водоема на данном участке, что приводит к интенсивному выпадению здесь взвесей в период спада половодья (рис. 4).



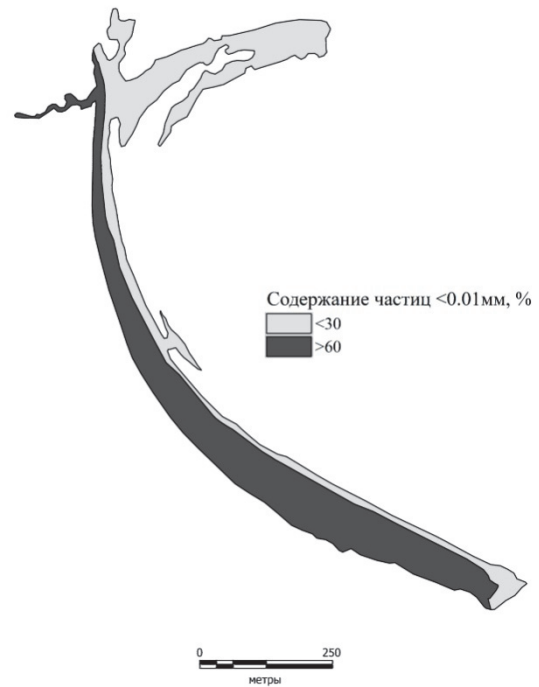
Малое Щучье



Большое Щучье



Башкирское



Базарское

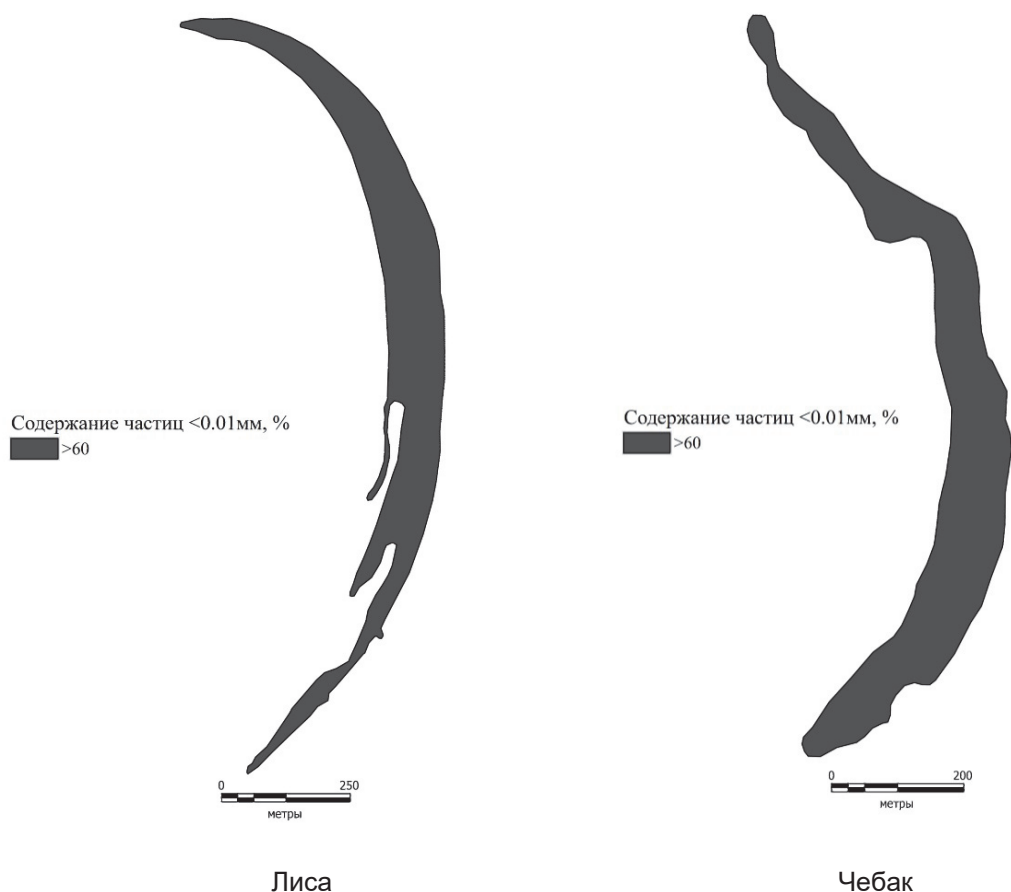


Рис. 3. Карты-схемы содержания пелитовых частиц ($<0.01\text{ мм}$) в донных отложениях озер.

Слоистость отложений, обусловленная сезонными и годовыми циклами поступления вещества в озеро, проявилась только в керне донных отложений оз. Чебак. В остальных озерах при визуальном описании выделить более-менее оформленные годовые слои отложений не представлялось возможным. Однако и для оз. Чебак определение мощности отдельных слоев при описании керна представлялось затруднительным из-за «смазанной» картины, которая возникает в процессе отбора колонки отложений трубкой ГОИН. Наши ориентировочные оценки позволяют определить среднюю скорость осадконакопления в озере на уровне 2–3 мм/год. Таким образом, возраст старичных отложений, образовавшихся уже после формирования р. Сура нового русла, составляет порядка 150–500 лет. Более точная датировка относительного и абсолютного возраста отложений может быть осуществлена с применением изотопных методов исследования.

Рассматривая типологические характеристики (гранулометрический состав и содержание органического вещества) донных отложений исследованных озер (табл. 2), необходимо подчеркнуть, что по содержанию тонкодисперсных частиц между ними существует определенная дифференциация, которая, как мы полагаем, связана с различиями в морфометрических показателях озерных котловин (табл. 1), а также с особенностями затопления поймы р. Сура и характером седиментации частиц речного аллювия различной размерности при прохождении весеннего паводка. При выявлении подобного рода связей обычно принимают во внимание такие гидрологические факторы, как максимальный уровень воды в половодье, общую продолжительность затопления и площадь затопления поймы.

Нулевой уровень гидропоста, расположенного на р. Сура (г. Алатырь, ~15 км выше по течению от заповедника «Присурский»), составляет 78,85 м, что на 2–5 м ниже характерных отметок рельефа правобережной поймы р. Сура на участке охранной зоны заповедника. За последние 10 лет максимальный уровень подъема воды в Суре на посту «Алатырь» составил 7,2 м (www.meteorf.ru), т.е. в годы высокой водности пойменные массивы и расположенные на них озера не всегда подвергаются затоплению.

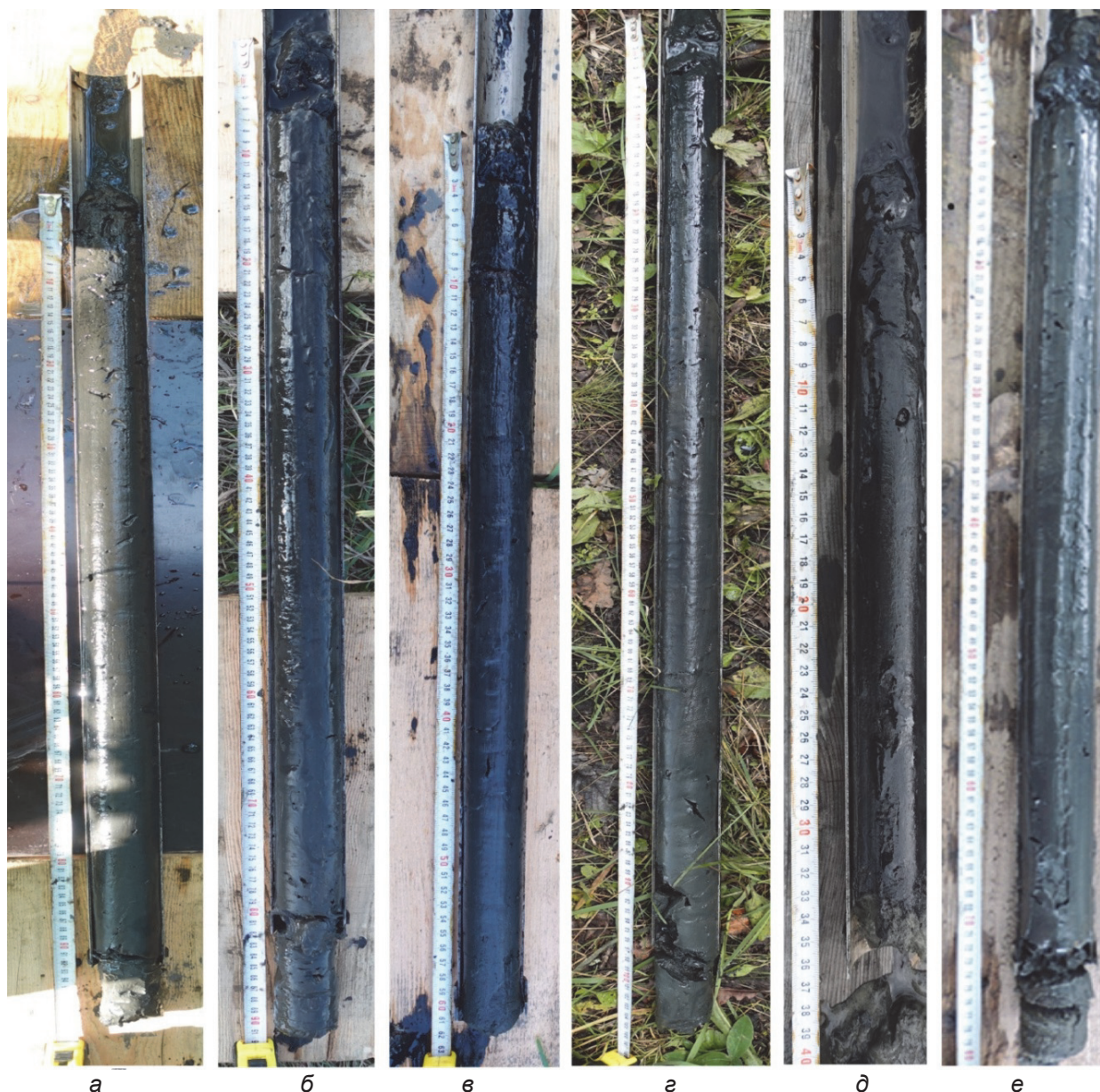
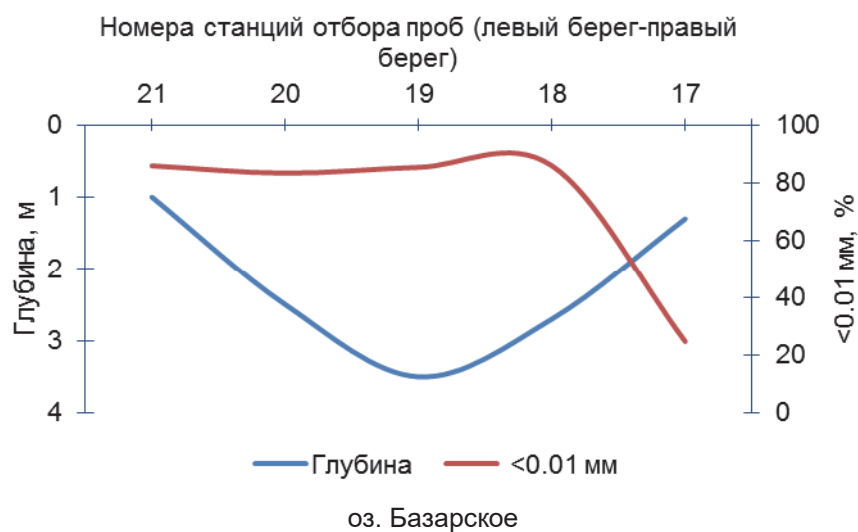
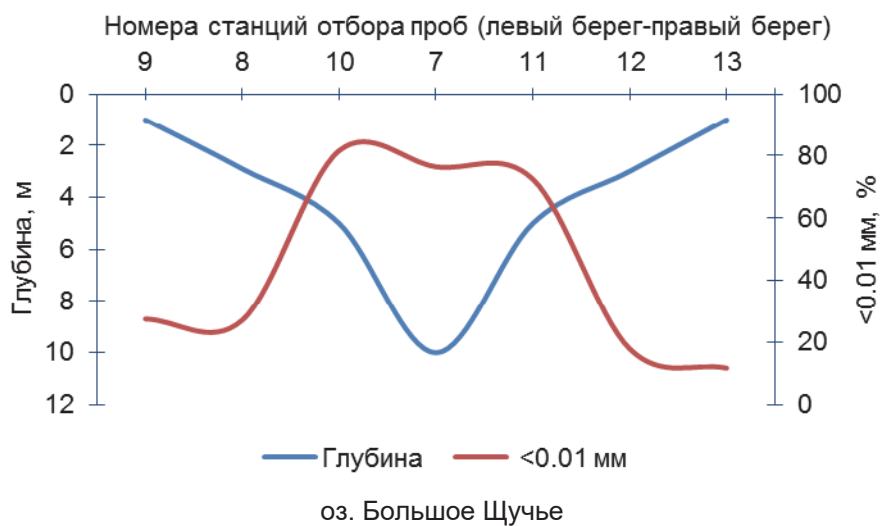
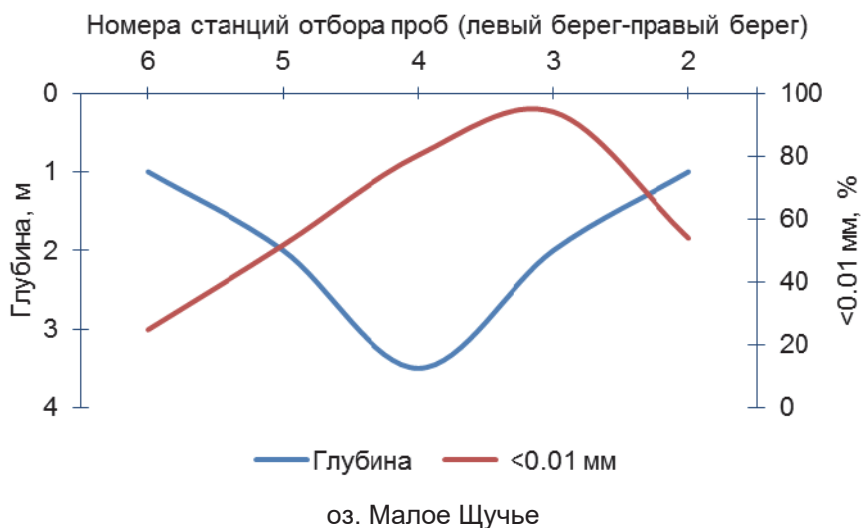


Рис. 4. Керна донных отложений озер Лиса (а), Башкирское (б), Чебак (в), Базарское (г), Большое Щучье (д) и Малое Щучье (е).

В связи с отсутствием в нашем распоряжении ретроспективных данных гидрологических наблюдений за ходом половодья на р. Сура, была предпринята попытка выявить взаимосвязь между гранулометрическими характеристиками отложений озер и абсолютными отметками уреза воды в них (табл. 1, 2). Установлено, что зависимость между содержанием в донных отложениях частиц размером менее 0,01 мм и абсолютной отметкой уреза воды озер хотя и носит неявный характер, однако в целом можно утверждать, что по мере роста отметок поймы над меженным уровнем воды в р. Сура доля тонкодисперсных фракций в отложениях озер снижается, что обусловлено более коротким периодом затопления высокой поймы, с одной стороны, а также более «грубым», песчано-алевритовым характером аллювия, переносимого рекой на пике паводка, когда обычно и отмечаются максимальные отметки уровня.

Усредненные показатели гранулометрического состава (табл. 2) не в полной мере описывают пространственное распределение и, соответственно, объемы накопления тех или иных типов отложений озер, приуроченных к характерным интервалам глубин. Например, из расчетов следует, что относительно более легким гранулометрическим составом из всех исследованных озер характеризуется оз. Большое Щучье (табл. 2). Однако именно этот водоем отличается от других озер своей максимальной (11,5 м) и средней (~3 м) глубиной. Установлено, что в пределах 2-метровой изобаты оз. Большое Щучье доминирующими типами озерных отложений являются илстые пески с содержанием пелита 10–15%, далее, на глубинах 2–3 м, происходит рост доли тонкодисперсных фракций до 20–30% (рис. 5).



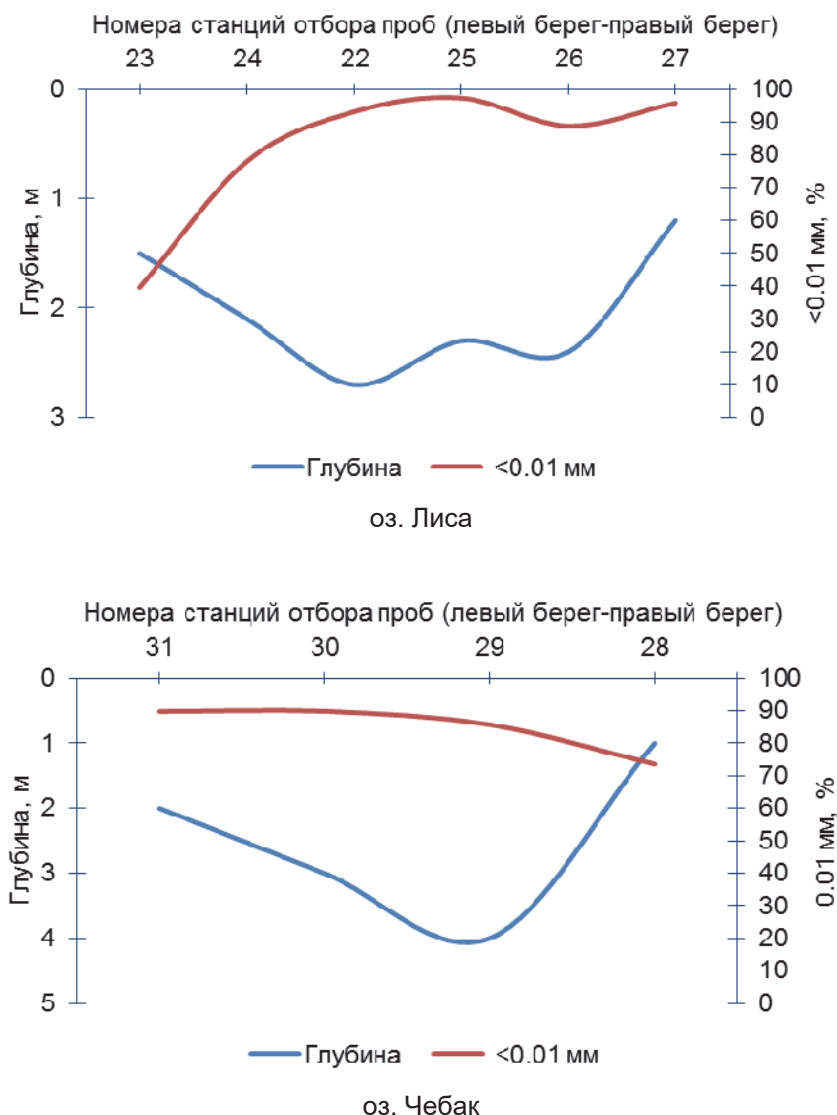


Рис. 5. Изменение содержания частиц $<0,01\text{ мм}$ в поверхностных донных отложениях озер (верхний график) в зависимости от глубины (нижний график) (расположение станций отбора проб – на рис. 2).

Глубоководные участки озера ($>4\text{ м}$) представлены хорошо сортированными глинистыми илами, в которых доля частиц $<0,01\text{ мм}$ достигает почти 100%. Представляется, что низкая доля пелитовой фракции в отложениях мелководной зоны обусловлена слабым развитием (вплоть до отсутствия) здесь зарослей воздушно-водной растительности. Не исключено, что оба рассматриваемых фактора (низкая зарастаемость, благоприятные физические свойства грунтов) среди прочих оказали влияние на расселение выхухоли на восточном берегу оз. Большое Щучье. Заиленность литорали выступает по отношению к выхухоли как неблагоприятный фактор, т.к. илистый грунт быстро размывается водой и заполняет вырывающиеся зверьками подводные траншеи-каналы, ведущие к норам. При наличии таких отложений длина канала-траншеи, ведущей к береговой норе, будет сокращаться.

Особое значение для выхухоли русской, как известно, имеет плотность донных отложений прибрежной зоны озер. На плотных грунтах хорошо держатся своды ведущих к берегу каналов; напротив, на рыхлых и водонасыщенных грунтах, в том числе отложениях с высоким содержанием органического вещества, своды каналов обычно не держатся. В исследованных озерах Присурья плотность отложений варьирует от $0,14$ до $1,64\text{ г/см}^3$. Таким образом, не на всех водоемах и их отдельных участках присутствуют грунты, которые обеспечивали бы необходимые условия для строительства подводной части жилища выхухоли. Вероятно, норы выхухоль может строить лишь на тех грунтах, где плотность их достигает 1 г/см^3 и выше. Как правило, такую же плотность имеют прибрежные почвы и грунты.

На оз. Чебак и Малое Щучье, как и на Большом Щучьем, литораль также покрыта относительно плотными илистыми песками, так что и на этих водоемах указанный литологический фактор, в совокупности с обрывистыми, но невысокими и пронизанными корнями деревьев берегами, положительно отражается на возможности построения здесь нор выхухолью. В профундальной зоне озер Чебак и Малое Щучье, характеризующейся глубинами $4\text{--}10\text{ м}$, доля пелитовых частиц достигает 97% (рис. 5).

Грунты озер Лиса, Башкирское и Базарское довольно близки по своим литологическим характеристикам: гранулометрическому составу, плотности и влажности. В основном они представлены глинистыми илами с плотностью 1,2–1,4 г/см³ и влажностью около 60% (табл. 2). Прибрежная зона озер формируется песчанистыми илами (рис. 3). На основании данных о среднем содержании в донных отложениях этих озер органического вещества (12,5–13,0%) можно говорить и о близких продукционных характеристиках указанных водоемов, которые, как уже отмечалось выше, отличаются и однотипным характером осадконакопления.

Описанный характер накопления тонкодисперсного материала обусловлен ведущими источниками его поступления в чашу озер.

Аллохтонный привнос и последующая аккумуляция взвешенного вещества в котловинах озер носят периодический характер, а их интенсивность зависит от характера их затопления водами р. Сура в периоды половодья. Таким образом, аллювиальный процесс выступает в качестве ведущего при формировании вещественного состава и свойств донных отложений старичных озер Присурья. Плоскостной смыв почвенных частиц с водосборной территории как фактор поступления вещества, по-видимому, крайне ограничен ввиду выровненности рельефа правобережной поймы р. Сура, в пределах которой расположены котловины озер. Ряд исследованных водоемов (Лиса, Чебак, Базарское) полностью или частично находится в окружении пойменных лесов, водозащитная роль которых сводится к предотвращению, вплоть до полного отсутствия, смыва верхнего почвенного слоя с поверхностным стоком, как в паводковый, так и в меженный периоды года, даже при интенсивных осадках. Влажные и сухие пойменные луга, которые окружают озера Малое и Большое Щучье, Башкирское отличает мощная, пронизанная корнями злаков дернина, поэтому и здесь величиной смыва почвенного материала можно пренебречь.

Вклад автохтонной составляющей баланса веществ в озерах складывается из ежегодной продукции фитопланктона и высшей водной растительности, отмершей биомассы гидробионтов, с одной стороны, и продуктов обрушения берегов, с другой.

Как уже отмечалось, по количеству ежегодно продуцируемой сырой биомассы высшей водной растительности изучаемые озера существенно дифференцированы. Возрастающий ряд продуктивности озер (кг/м²) выглядит таким образом: Лиса (0,2), Большое Щучье, Чебак (0,6), Базарское (2,0), Малое Щучье (2,8), Башкирское (3,7) (Глушенков, 2019). Сравнительный анализ данных по продуктивности высшей водной растительности озер и накоплению в их донных отложениях органического вещества не выявил наличие прямой взаимосвязи между данными показателями, что может быть обусловлено видовыми особенностями растений, а именно содержанием в них сухого вещества на единицу массы. Так, например, доминирующий по биомассе в большинстве озер гидрофит телорез обыкновенный (*Stratiotes aloides* L.) характеризуется содержанием сухого вещества не более 10%. В экологической группе растений-гидрогелофитов доля сухого вещества, как правило, выше. Таким образом, от соотношения отдельных экологических групп растений зависят показатели автохтонного осадконакопления в озерах в целом и их органическая компонента. Приходная статья баланса органического вещества складывается также за счет продукции фитопланктона, но в макрофитных озерах, к которым в полной мере можно отнести озера охранной зоны заповедника «Присурский», этот вклад по сравнению с суммарной продукцией макрофитов будет относительно небольшим.

Судя по величине потерь при прокаливании, автохтонная органическая составляющая осадков может достигать 25% и выше от общей массы веществ, ежегодно аккумулирующихся на дне озер. На это же указывают данные наблюдений за современными процессами седиментации и осадконакопления в оз. Большой Буймас (Осмелкин, 2018), где скорость ежегодного поступления органических веществ на единицу площади составила 1147 г/м², т.е. примерно 33% от общей массы поступившего вещества (3248 г/м²). Наблюдения за процессами осадконакопления в пойменных озерах Суры и других рек региона носят фрагментарный характер (Иванов и др., 2018), что обуславливает актуальность указанных исследований, учитывая важность оценки современного природно-антропогенного баланса вещества в водоемах, а также определения показателей заиления как фактора их ускоренной деградации.

Анализ уровней накопления органического вещества в составе озерных отложений позволяет отметить их связь с морфометрическими характеристиками водоемов, в частности, со средней глубиной (рис. 6). Эта связь носит прямой характер, что обусловлено процессами седиментации и переотложения органических взвесей автохтонного и аллохтонного происхождения в зависимости от строения ложа озер. Органический детрит интравидоёмного происхождения, почвенный гумус и речные органические взвеси обладают меньшей гидравлической крупностью по сравнению с минеральными осадками, поэтому подвержены активному взмучиванию и массопереносу не только в период половодья на Сура, но и при возникновении ветроволновых течений в меженный период, переотлагаясь в глубоких участках котловин озер, где происходит уже их окончательное захоронение и погребение новыми слоями озерно-речного аллювия.

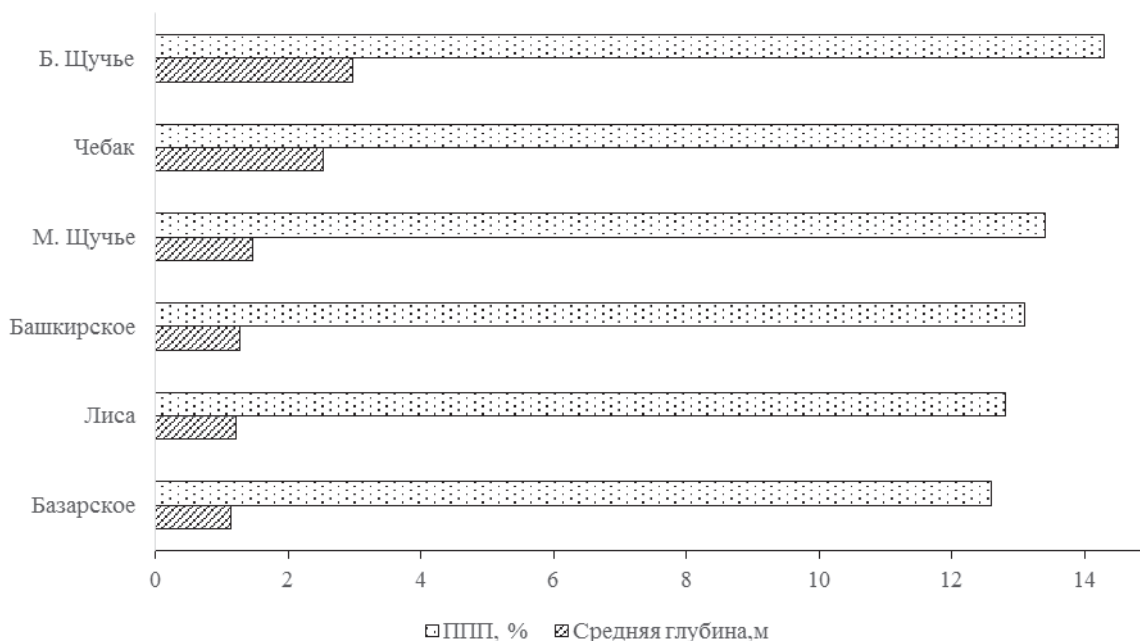


Рис. 6. Изменение содержания органического вещества (среднее по озеру) в донных отложениях в зависимости от средней глубины водоема.

Очень похожая зависимость накопления органического вещества установлена и от величины уклона дна озер, т.к. рост последней также стимулирует гравитационные потоки взвешенных веществ в водных массах озер, направленные на перемещение взвешенных частиц в глубоководные участки.

Заключение

Результаты проведенных седиментологических исследований показали, что озерные отложения охранной зоны государственного природного заповедника «Присурский» в местах обитания выхухолы русской представлены глинистыми илами с преобладанием илистой фракции и мелкоалевритовых частиц. В нижней части кернов четырех (Большое и Малое Щучье, Базарское, Чебак) из шести исследованных озер были вскрыты русловые отложения р. Сура, отличающиеся от илистого профиля старичных осадков более легким, опесчаненным гранулометрическим составом. Мощность собственно озерных отложений в этих водоемах варьировала от 41 до 100 см и выше, что позволяет оценить среднюю скорость озерного осадконакопления величиной 2–3 см в год, а относительный возраст осадков – в 150–500 лет.

Широкий диапазон содержания органического вещества в донных отложениях (2–27%) обусловлен высокими темпами его деструкции в относительно мелководных и хорошо прогреваемых исследованных озерах. Окислительная обстановка, складывающаяся в придонных слоях озерных вод и поверхностных слоях донных отложений, способствует минерализации поступающего на дно озер органического вещества в процессе седиментации и высвобождению доступных биогенных элементов, что обеспечивает формирование здесь продуктивных экосистем. Отмечаемое относительное накопление органического вещества в ряде донных отложений глубоководной части озер может свидетельствовать об усилении процессов эвтрофирования.

В зависимости от гранулометрического состава и содержания органического вещества, а также возраста их образования меняется плотность отдельных слоев отложений и величина их влажности. В естественном сложении плотность озерных осадков варьирует от 0,8 до 2,1 г/см³, в среднем составляя 1,4 г/см³. Плотность сухого вещества осадков изменяется от 0,1 до 1,4 г/см³ (в среднем 0,7 г/см³). Величина влажности обратно пропорциональна плотности отложений и в среднем находится на уровне 60% от их объема или 200% по массе. Наиболее рыхлыми и водонасыщенными являются поверхностные илистые отложения профундали с повышенным содержанием органического вещества (до 80 и 500%, соответственно).

Таким образом, типологические характеристики донных отложений исследованных старичных озер на территории охранной зоны государственного природного заповедника «Присурский» можно признать благоприятными для обитания выхухолы русской. Они обеспечивают ей необходимые условия как для строительства нор и других подводных элементов жилища, так и служат источником вещества и энергии для высшей водной растительности и гидробионтов, выполняющих роль пищевого ресурса для данного вида.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке Русского географического общества (проекты 29/2018-Р и 32/2019-Р).

Литература

- Антропогенное воздействие на малые озера. Л.: Наука, 1980. 174 с.
- ГЕО-3. Глобальная экологическая перспектива. Прошлое, настоящее и перспективы на будущее. М.: Гентер. Диалект, 2002. 504 с.
- Глушенков О.В. Зараствание озер как важный фактор в оценке выхухолевых угодий // Научные труды государственного природного заповедника «Присурский». 2019. Т. 34. С. 23–36.
- Горшкова А.Т., Урбанова О.Н., Валетдинов А.Р., Павлова О.В., Бортникова Н.В., Семанов Д.А. Морфометрические и экологические преобразования озер – памятников природы // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. №5. Ч. 3. С. 174–178.
- ГОСТ 12536-2014. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава.
- ГОСТ 17.1.5.01-80. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложениях водных объектов для анализа на загрязненность.
- ГОСТ 26213-91. Почвы. Методы определения органического вещества.
- ГОСТ 5180-2015. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.
- ГОСТ 5182-78. Грунты. Метод лабораторного определения объемного веса.
- Жирков И.А. Жизнь на дне. Биогеография и биоэкология бентоса. М.: Т-во научных изданий КМК, 2010. 453 с.
- Зиганшин И.И., Иванов Д.В., Хасанов Р.Р. Динамика морфометрических показателей особо охраняемых водоемов Лаишевского района Республики Татарстан // Российский журнал прикладной экологии. 2017. №1. С. 38–43.
- Зиганшин И.И., Иванов Д.В., Хасанов Р.Р. Анализ динамики морфометрических показателей озер-памятников природы на территории Республики Татарстан // Российский журнал прикладной экологии. 2018. №2. С. 17–20.
- Зиганшин И.И., Иванов Д.В., Хасанов Р.Р. Генезис и морфометрическая характеристика озер охранной зоны Саралинского участка Волжско-Камского заповедника // Российский журнал прикладной экологии. 2021. №1. С. 36–43.
- Зиганшин И.И., Иванов Д.В., Хасанов Р.Р., Александрова А.Б. Мониторинг морфометрических характеристик особо охраняемых озер Предволжья Республики Татарстан // Российский журнал прикладной экологии. 2023. №3. С. 34–41.
- Зиганшин И.И., Иванов Д.В., Яковлев В.А. Характеристика донных отложений некоторых озер охранной зоны заповедника «Присурский» по исследованиям 1999–2000 гг. // Научные труды государственного природного заповедника «Присурский». 2005. Т. 12. С. 3–5.
- Иванов Д.В., Зиганшин И.И., Осмелкин Е.В., Подшивалина В.Н. Донные отложения как фактор, определяющий условия обитания выхухолы русской в пойменных озерах Присурья // Известия Русского географического общества. 2022. Т. 154. №1. С. 48–60.
- Иванов Д.В., Зиганшин И.И., Осмелкин Е.В., Хасанов Р.Р. Характеристика процессов илонакопления в Собакинской системе озер // Труды Карельского научного центра РАН. 2016. №5. С. 53–61.
- Иванов Д.В., Осмелкин Е.В., Зиганшин И.И. Исследование современного и исторического осадконакопления в водоемах Приволжской возвышенности и Низменного Заволжья // Труды Карельского научного центра РАН. Сер. Лимнология и океанология. 2018. №9. С. 31–43.
- Йоргенсен С.Э. Управление озерными системами. М.: Агропромиздат, 1985. 160 с.
- Кондратьева Л.М. Вторичное загрязнение водных экосистем // Водные ресурсы. 2000. Т. 2. С. 227–231.
- Мартынова М.В. О роли донных отложений в эвтрофировании водоемов: обмен соединениями азота и фосфора между донными отложениями и водой // Водные ресурсы. 1988. №4. С. 85–95.
- Мартынова М.В. Продукционно-деструкционные процессы и аккумуляция веществ на дне озер и водохранилищ // Водные ресурсы. 2006. Т. 33. №6. С. 721–727.
- Мартынова М.В. Донные отложения как составляющая лимнических систем. М.: Наука, 2010. 243 с.
- Методические указания по осуществлению государственного мониторинга водных объектов в части организации и проведения наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях водных объектов (Утв. приказом МПР России от 24.02.2014 №112).
- Неверова-Дзиопак Е. Теоретическое, методологическое и инженерное обеспечение охраны поверхностных вод от антропогенного эвтрофирования. Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. СПб., 2003. 47 с.
- Осмелкин Е.В. Закономерности осадконакопления в водоемах Чувашской Республики. Автореферат дис. ... к.г.н. Казань, 2018. 23 с.
- Осмелкин Е.В., Иванов Д.В., Зиганшин И.И. Характеристика донных отложений пойменных озер нижнего течения р. Сура // Российский журнал прикладной экологии. 2015. №4. С. 33–38.
- Осмелкин Е.В., Суин М.В., Александров А.Н., Подшивалина В.Н. Морфометрические показатели ряда озер государственного природного заповедника «Присурский» и его охранной зоны // Научные труды государственного природного заповедника «Присурский». 2012. Т. 27. С. 61–68.

Подшивалина В.Н., Осипов В.В., Егоров Л.В. О влиянии бентосоядных видов на кормовую базу выхухоли русской *Desmana moschata* (Mammalia, Eulipotyphla) в водоемах поймы нижнего течения реки Сура (Среднее Поволжье) // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 2020. Т. 125. №6. С. 3–11.

Прыткова М.Я. Экологические проблемы рекреационного использования малых озер // География и природные ресурсы. 1990. №1. С. 43–52.

Прыткова М.Я. Гидрологический режим и заиление малых разнотипных водоемов Северо-Запада. М.: Наука, 2011. 199 с.

РД 52.18.595-96. «Федеральный перечень методик выполнения измерений, допущенных к применению при выполнении работ в области мониторинга загрязнения окружающей среды».

РД 52.24.309-2016. «Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши».

РД 52.24.609-2013. Методические указания. Организация и проведение наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях.

Романкевич Е.А. Связь органического вещества взвеси, донных осадков и бентоса с биологической продуктивностью // Доклады АН СССР. Сер. Биология. 1971. Т. 198. №4–6. С. 1199–1202.

Россолимо Л.Л. Изменение лимнических экосистем под воздействием антропогенного фактора. М.: Наука, 1977. 144 с.

Рутовская М.В., Глушенков О.В., Акимов С.И., Бережной М. А., Воронин Е.А., Зарипова Н.Р., Кузьмина М.С., Попов И.А., Соболева А.С., Соколова М.Н. Состояние популяции русской выхухоли в пойме нижнего течения реки Сура // Научные труды государственного природного заповедника «Присурский». 2017. Т. 32. С. 179–188.

Рутовская М.В., Глушенков О.В., Бережной М.А., Еськова К.А., Попов И.А., Соболева А.С. Современное состояние популяции русской выхухоли в пойменных озерах охранной зоны Алатырского участка заповедника «Присурский» // Научные труды государственного природного заповедника «Присурский». 2018. Т. 33. С. 204–208.

Цветкова Л.И., Неверова-Дзиопак Е. Донные отложения как источник фосфора и его роль в эвтрофировании водоемов // Вестник гражданских инженеров. 2017. №6 (65). С. 199–205.

Яковлев В.А., Горшкова А.Т., Зиганшин И.И., Иванов Д.В., Кондратьева Т.А., Халиуллина Л.Ю. Экологические проблемы охраняемых водных объектов Республики Татарстан // Заповедное дело России: принципы, проблемы, приоритеты: матер. междунар. науч. конф. Бахилова Поляна, 2003а. Т. 2. С. 507–510.

Яковлев В.А., Иванов Д.В., Борисович М.Г., Кондратьева Т.А., Зиганшин И.И. Экологические особенности озер в охранной зоне государственного природного заповедника «Присурский» // Вестник Татарстанского отделения Российской экологической академии. 2003б. №2 (16). С. 40–45.

Яковлев В.А., Кондратьева Т.А., Халиуллина Л.Ю., Салахутдинов А.Н., Зиганшин И.И., Амосов Д.В. Биоразнообразие и гидробиологические особенности озер охраняемой зоны ГПЗ «Присурский» в зимний период // Роль особо охраняемых территорий в сохранении биоразнообразия: матер. науч.-пр. конф. Казань: Форт-Диалог, 2000. С. 245–249.

Carlson R.A. A trophic state index for lakes // Limnology and Oceanography. 1977. Vol. 22. No. 2. P. 361–369.

Golterman H.L. Physiological limnology: an approach to the physiology of lake ecosystems. Amsterdam: Elsevier, 1975. 488 p.

Larsen D.P., Mercier H.T. Phosphorus retention capacity of lakes // Fisheries Research Board of Canada. 1976. Vol. 33. P. 1742–1750.

Montanholi-Martins M.C., Takeda A.M. Communities of benthic oligochaetes in relation to sediment structure in the upper Paraná River, Brazil // Studies on Neotropical Fauna and Environment. 1999. Vol. 34. No. 1. P. 52–58.

Ólafsson J.S., Paterson D.M. Alteration of biogenic structure and physical properties by tube-building chironomid larvae in cohesive sediments // Aquatic Ecology. 2004. Vol. 38. No. 2. P. 219–229.

Rutovskaya M.V., Aleksandrov A.N., Podshivalina V.N., Soboлева A.S., Glushenkov O.V. Habitat conditions of *Desmana moschata* (Talpidae, Eulipotyphla, Mammalia) in the buffer zone of the Prisurskiy State Nature Reserve (Russia) // Nature Conservation Research. Заповедная наука. 2020. Vol. 5. No. 2. P. 36–46. <https://doi.org/10.24189/ncr.2020.011>.

Selig U., Schlunbaum G. Characterisation and quantification of phosphorus release from profundal bottom sediments in two dimictic lakes during summer stratification // Journal of Limnology. 2003. No. 62 (2). P. 151–162.

Vollenweider R.A. Input – output models with special reference to the phosphorus loading concept in limnology // Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie. 1975. Vol. 37. No. 1. P. 53–83.

Vollenweider R.A. Global problems of Eutrophication and its control // Conservation and management of lakes. Budapest: Akad. Kiado, 1989. P. 19–41.