

**ГИДРОЛОГИЯ**

УДК 504.455: 504.45.058

**С.А. Двинских, О.В. Ларченко, О.А. Березина  
УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА  
ЭКОСИСТЕМУ МОТОВИЛИХИНСКОГО ПРУДА Г. ПЕРМИ***Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь*

В статье рассмотрены условия формирования донных отложений Мотовилихинского пруда г. Перми. Приведены результаты лабораторных, натурных исследований качества воды и донных отложений за 2015 г. Выявлена степень загрязнения водоема на отдельных его участках. Донные отложения играют важную роль в формировании экосистемы Мотовилихинского пруда. Они накапливают загрязняющие вещества и микроэлементы, поэтому могут рассматриваться как маркер качества воды и одновременно источника вторичного загрязнения. Для экологической оценки состояния донных отложений проведена оценка состояния донных сообществ, подверженных антропогенному влиянию. Наиболее стабильным компонентом животного населения водотоков и водоемов является зообентос, поэтому использование его показателей при экологическом мониторинге позволяет в определенной мере судить о состоянии и тенденциях развития всей водной экосистемы. Установлено, что зообентоценозы Мотовилихинского пруда характеризуются крайне низким таксономическим разнообразием, упрощенной структурой и весьма высокими показателями численности и биомассы, позволяющими охарактеризовать его как водоем гиперэвтрофного типа. Комплекс биологических показателей демонстрирует, что пруд испытывает тяжелое органическое загрязнение.

**К л ю ч е в ы е с л о в а :** пруд, донные отложения, экологическое состояние, зообентос.

**S.A. Dvinskikh, O.V. Larchenko, O.A. Berezina  
THE CONDITIONS OF BENTHAL DEPOSITS FORMATION AND THEIR EFFECT ON THE  
ECOSYSTEM (A CASE STUDY OF THE MOTOVILIKHA POND IN PERM)***Perm State University, Perm*

The article describes the conditions of the formation of benthic deposits in the Motovilikha pond in Perm. The results of laboratory and field studies of the water quality and sediment during 2015 are presented. The degree of water pollution is revealed for some parts of the reservoir.

Benthic deposits play an important role in the formation of the ecosystem of the Motovilikha pond. They accumulate contaminants and trace elements and therefore can be regarded as a marker of water quality as well as a source of secondary pollution. For environmental assessment of the sediment, the state of benthic communities subject to anthropogenic influence has been assessed.

The most stable component of the animal population of watercourses and reservoirs is zoobenthos, so the use of its indicators in the process of environmental monitoring makes it possible to judge the status of the whole aquatic ecosystem and its development trends to some extent.

It has been established that zoobenthos of the Motovilikha pond is characterized by extremely low taxonomical variety, a simplified structure, a significant number and quite high rate of biomass, which allows us to characterize it as a reservoir of the hypertrophied type. The complex of biological indicators shows that the pond experiences heavy organic pollution.

**К e y w o r d s :** pond, benthic deposits, ecological condition, zoobenthos.

doi 10.17072/2079-7877-2017-1-55-65

**Введение**

При экологической оценке водных экосистем одним из наиболее информативных объектов изучения являются донные отложения. Последние представляют собой сложную

многокомпонентную систему и играют чрезвычайно важную роль в формировании гидрохимического режима водных масс и функционировании экосистем водоемов и водотоков. Они активно участвуют во внутриводоемном круговороте веществ и энергии и являются средой обитания многочисленных групп животных организмов – бентоса. Так, аккумулируя большую часть материала, поступающего с поверхностным стоком, донные отложения определяют интенсивность продуцирования фитопланктона и высшей водной растительности, физико-химических процессов в водоеме и химический состав донных отложений. В связи с этим они являются индикатором экологического состояния водосбора, своеобразным интегральным показателем уровня загрязненности водных объектов. Роль донных отложений в формировании экосистемы водоемов имеет двойственный характер. С одной стороны, как аккумуляторы они способствуют самоочищению водных масс, с другой – обладая большими запасами (т.е. являясь хранилищем этих веществ), донные осадки при определенных условиях могут стать источником «вторичного загрязнения» [1].

Цель исследований – изучение условий формирования донных отложений и их влияния на экосистему водоема (на примере Мотовилихинского пруда г. Перми).

### Результаты и их обсуждение

Мотовилихинский пруд – самый большой пруд города Перми построен в 1736–1738 гг. как главный источник механической энергии для Мотовилихинского медеплавильного завода. После исчерпания запасов меди завод прекратил свое существование, а пруд остался как место отдыха пермяков. В 1969 г. его плотина пострадала от сильного удара огромной льдины. Город практически потерял пруд. Современная плотина была построена в 1975 г. В 1978–1979 гг. были проведены большие ремонтные работы: построен железобетонный водоспуск, созданы купальни, лодочные станции и т.п. Мотовилихинский пруд несколько раз полностью спускался. В 2000 г. вновь начата реконструкция пруда и рекреационной зоны вокруг него.

В административном отношении Мотовилихинский пруд расположен в центре Мотовилихинского района г.Перми. Он образован на р. Большая Мотовилиха путем создания плотины на расстоянии 1,1 км от устья реки. Основные параметры Мотовилихинского пруда и его плотины представлены в табл. 1.

Таблица 1

Основные параметры Мотовилихинского пруда и его плотины

Основные параметры пруда		Значение	Основные параметры плотины	Значение
Тип пруда		Рекреационный	Материал	Земляная
Вид регулирования стока		Сезонный	Длина плотины по гребню	290 м
Длина пруда		0,6 км	Отметка гребня	107,78 м БС
Ширина	максимальная	0,19 км	Ширина гребня	9,0 м
	средняя	0,14 км		
Глубина	максимальная	4,58 м	Ширина проезжей части	6,0 м
	средняя	3,40 м		
Площадь зеркала	при ФПУ	0,09 км <sup>2</sup>	Максимальная высота	5,1 м
	при НПУ	0,08 км <sup>2</sup>		
Объем водного зеркала	при НПУ (полный)	275000 м <sup>3</sup>	Донный водоспуск, водозабор, льдозащитное устройство	Отсутствуют
	при ФПУ	340000 м <sup>3</sup>		
Отметка уровня воды	НПУ	102,34 м БС	Крепление гребня	Асфальтобетон
	ФПУ	102,84 м БС		

В 2010 г. решением Пермской городской Думы в г. Перми организована ООПТ местного значения – историко-природный комплекс «Мотовилихинский пруд», включающий территорию сада им. Я.М. Свердлова площадью 21,2 га. На территории у водоема создана зона отдыха для детей и взрослых: детские тренажеры под открытым небом, качели и горки для малышей, футбольное поле. Оборудован пляж с кабинками для переодевания, работает прокат катамаранов и лодок. Однако рекреационное использование пруда затруднено его интенсивным заилением.

Анализ литературы по вопросам формирования донных отложений и процессов заиления водоемов показал, что общая направленность процессов формирования ложа одинакова для большинства прудов и водохранилищ, а различия в сроках и масштабах пространственного распределения отложений определяются морфометрическими и гидрологическими особенностями водоемов разных типов [2; 7]. Для большинства искусственных водоемов основная масса взвешенного вещества, а следовательно, грунтообразующего материала формируется в основном за счет абразионной деятельности не только водной массы водоемов, но и твердого стока, химических и биохимических источников взвесей. При наполнении чаши пруда под воду ушли не только почвы, но и различные коренные и рыхлые породы (обнажения глин, суглинков и др.). Наряду с ними в строении грунтов дна принимают участие аллювиальные русловые и иловые отложения. Эти грунтообразующие материалы (первичные грунты) являются основой, на которой происходят формирование донных отложений (вторичные грунты), их эволюция (трансформированные грунты) [7]. Согласно В.П. Курдину, к первичным грунтам относится комплекс почв, затопленных при заполнении водоема. Благодаря создавшимся гидродинамическим условиям на месте залегания грунты сохраняют без существенных изменений свои первоначальные свойства. Первичные грунты встречаются на тех участках водоемов, где гидродинамическая активность мала для размыва дна, но недостаточна для удаления с его поверхности вновь отлагающегося материала. Трансформированные грунты представлены заболачивающимися, разбухшими и обнаженными почвами. В отличие от первичных грунтов они в результате преимущественно биохимических процессов в значительной степени утратили свойства, присущие им до затопления. Вторичные грунты образуются в результате поступления различного грунтообразующего материала. К этой категории относятся пески, илистые пески, песчанистые илы и илы. Образованию этих отложений в водоеме предшествует предварительная сортировка по крупности фракций. Исключением являются отложения из макрофитов, которые образуются в результате разложения растительной массы без сортировки частиц.

Для Мотовилихинского пруда основными типами донных отложений являются трансформированные и вторичные грунты, в формировании которых принимает участие твердый сток с водосбора и поступающий с боковыми притоками. Самыми крупными боковыми притоками являются реки Большая и Малая Мотовилиха.

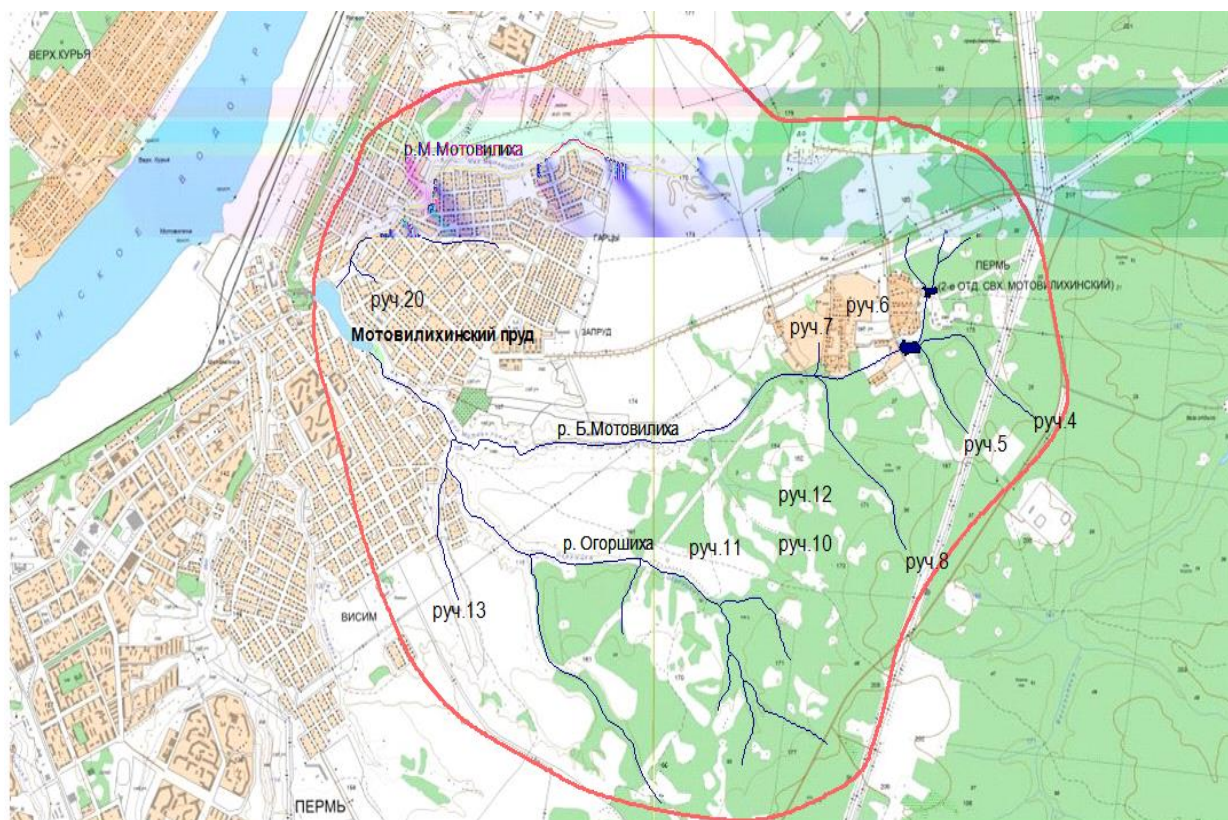


Рис. 1 Бассейн р. Большая Мотовилиха

Река *Б.Мотовилиха*, левый приток р. Камы, относится к малым рекам города. Длина реки – 8,5 км, общая площадь водосбора – 28,1 км<sup>2</sup> (рис. 1).

Границы водосбора реки *Б.Мотовилиха* выражены четко. На всем протяжении она имеет неширокую долину – в верховьях 50–100 м, в среднем течении 100–200 м, в низовьях – 500–700 м. Долина V-образная, глубоко врезается – от 10–15 м в верхней части до 50–70 м в нижней. Верхняя часть бассейна покрыта лесом – залесенность составляет 30%; пойма, дно и склоны долины в средней части бассейна покрыты в основном луговой растительностью, кустарником и меньше – лесом. В низовьях бассейна – жилая застройка [6].

В настоящее время на водосборе р. *Б.Мотовилиха* имеется 6 прудов, которые заиливаются и зарастают водной растительностью. В плотинах прудов проложены трубы для сброса воды. Самый большой пруд – *Мотовилихинский* заканчивается плотиной и сбросным ступенчатым лотком, по которому стекает вода.

Река является основным поставщиком в пруд взвешенных веществ и донных наносов. Один из источников – разрушение склонов долины потоками дождевых талых вод, вызывающее развитие овражной деятельности и оползневых процессов. Значительная часть наносов поступает во время весеннего половодья, когда разливы достигают 0,02 км, а сама пойма затапливается на глубину 0,10 м.

Еще один источник поступления в русло реки наносов – антропогенная деятельность. Через реку проложены мосты с автодорогами, а по дну реки *Б.Мотовилиха* – переход водовода (вода переливается через трубу, что приводит к разрушению обоих берегов). На склонах речной долины расположены частные дома, огороды, городские кварталы, промпредприятия, лыжная база «Молот» и т.п., повсеместно встречаются мусорные свалки.

Свой вклад в заиливание пруда вносит и река *Малая Мотовилиха*, впадающая в пруд слева. Ее водосбор заболочен и покрыт кустарниками лишь в устье, но на всем своем протяжении засорен бытовыми отходами. Основной материал, формирующий донные отложения, – органические остатки.

Интенсивность накопления донных отложений зависит от гидрологического режима, который в *Мотовилихинском* пруду практически не изучен.

Известно, что гидрологический режим любого водного объекта определяется морфометрическими особенностями и режимом впадающих рек. Наибольший вклад в формирование водного режима вносит р. *Б.Мотовилиха*. В питании реки преимущественное значение имеют талые воды (около 70%), остальная доля питания приходится на дождевые и грунтовые воды. Годовой ход уровней р. *Б.Мотовилиха* характеризуется, как правило, резко выраженным весенним и летне-осенним подъемом уровня в период дождевых паводков, когда и следует ожидать поступления наибольшего количества твердого стока. Так как р. *Б.Мотовилиха* в гидрологическом отношении относится к категории неизученных, то все гидрологические характеристики определены расчетным путем с использованием реки-аналога (табл. 2).

Таблица 2

Расчетные гидрологические характеристики р. *Б.Мотовилиха* (входной створ)

Расчетная характеристика	Значение
Среднегодовой расход воды	0,153 м <sup>3</sup> /с
Модуль годового стока	7,7 л/с км <sup>2</sup>
Среднегодовой объем стока	4,82 млн м <sup>3</sup>
Максимальный расход весеннего половодья 1%-ной обеспеченности	8,08 м <sup>3</sup> /с
Максимальный расход дождевых паводков 1%-ной обеспеченности	19,5 м <sup>3</sup> /с
Минимальный расход 95%-ной обеспеченности	0,098 м <sup>3</sup> /с
Максимальный уровень весеннего половодья 1%-ной обеспеченности	103,46 м БС
Максимальный уровень дождевых паводков 1%-ной обеспеченности	103,68 м БС

Водоём имеет смешанное питание: грунтовое, дождевое (в основном за счет паводковых вод) и боковой приточности. Уровень воды в пруду испытывает небольшие колебания: летом – до 15–20 см, зимой – почти постоянен, но может понижаться по сравнению с летним периодом на 1 м и более. В зимний период водоем не промерзает. Наличие стока установлено в самом пруду и в канализованной части р. *Б.Мотовилиха* ниже плотины. Пруд полностью покрывается льдом на 5–7 дней позже собственно водотоков. В среднем толщина льда зимой достигает 60–90 см. Ледостав формируется без ледохода, путем смыкания заберегов. В связи с этим динамические процессы особой активностью не



отличаются, хотя ниже плотины на р. Б.Мотовилиха в течение всей зимы существует полынья динамического происхождения [3].

Анализ характеристик сезонного распределения годового стока рек показывает, что основной приток в пруд поступает по р. Б.Мотовилиха. При одинаковом модуле стока ее среднегодовой расход в 3 раза превышает боковой приток. Это же относится и к объему сезонного стока. Следовательно, экологическое состояние Мотовилихинского пруда будет формироваться водами р. Б.Мотовилиха и внутриводоемными процессами, протекающими в самом пруду.

В летний период 2015 г. проведена батиметрическая съемка Мотовилихинского пруда, результаты которой приведены на рис. 2, а. По ее результатам установлено, что глубины в пруду изменяются от 0,2 до 3,0 м, максимальное значение наблюдается у плотины и составляет 3,1 м. До этого подобные исследования проводились Пермгипроводхозом в 2000 г.

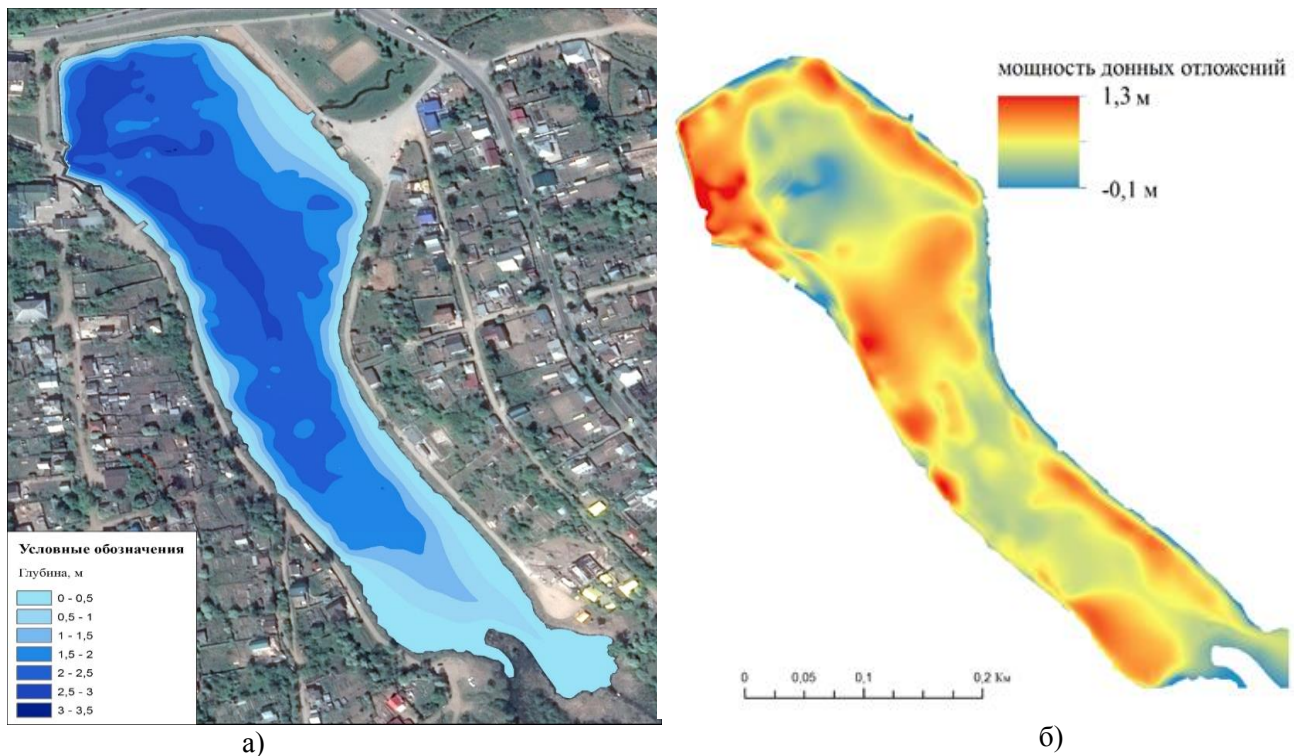


Рис. 2. Схема глубин (а) и мощность донных отложений (б) Мотовилихинского пруда по результатам батиметрической съемки 2015 г.

Наложение данных батиметрических съемок 2000 и 2015 гг. показало, что в целом преобладают процессы аккумуляции наносов, наибольшие значения достигают 1,3 м (за 15 лет) и наблюдаются в прибрежных мелководных частях пруда (рис. 2. б). В нижней приплотинной части пруда отмечается смещение максимальных глубин из центра к левому берегу. Проведенные нами исследования показали, что объем донных отложений за 15-летний период (с 2000 по 2015 г.) составил 78,7 тыс. м<sup>3</sup>. Следовательно, скорость накопления донных отложений составляет около 0,07 м/год.

Большая часть площади Мотовилихинского пруда занята илами. В центре приплотинной части ложа преобладают черные илы, перекрытые глиной, в левобережье – гравийно-галечные грунты. На участках пруда с гидродинамической активностью, т.е. в месте впадения р. Малой Мотовилихи, отмечено формирование песчаных отложений. В формировании всех разновидностей илов принимают участие остатки затопленной растительности, водной фауны и флоры, а также продукты ветрового переноса. Поступающий из этих источников материал рассеивается по всему водоему, не образуя специфических отложений. Исключение составляют отложения прибрежно-водной растительности. Они характерны для прибрежных водных пространств с замедленным или практически отсутствующим водообменом, расположенных в верхней части пруда.

Аккумулируя загрязнения, которые поступают в водоем на протяжении продолжительного периода, донные отложения являются индикатором экологического состояния водосбора, своеобразным интегральным показателем уровня загрязненности водных ресурсов и средой обитания многочисленных групп животных организмов – бентоса [10].

## Гидрология

На сегодняшний день в Российской Федерации отсутствуют ПДК для химического загрязнения донных отложений водотоков и водоемов. Существующие ГОСТы и методические пособия для исследования почв и донных отложений не учитывают специфику их состава, особенности поведения загрязнителей в различных природных средах и зачастую не соответствуют современному уровню знаний в области гидрологии, почвоведения и грунтоведения, коллоидной и физической химии. Отсутствие нормативной базы не обеспечивает эффективного мониторинга экологического состояния донных отложений. Поэтому вероятен риск вторичного загрязнения поверхностных вод из донных отложений [10]. Результаты исследования донных отложений приведены в табл. 3.

Таблица 3

Химический состав донных отложений Мотовилихинского пруда  
(по данным исследования за 06.10.2015 г.) [5]

Содержание, мг/кг					
Нефтепродукты	Свинец	Железо	Медь	Марганец	Цинк
ПНД Ф 16.1:2.2.22-98	НСАМ №499-Х	НСАМ №499-Х	НСАМ №499-Х	НСАМ №499-Х	НСАМ №499-Х
287	16,3	11550	42,1	753	72,5

Для сравнения химического состава приведены результаты анализа проб воды, взятых в верхней части пруда и у плотины (табл. 4).

Таблица 4

Химический состав воды Мотовилихинского пруда, июль 2015 г.

Показатель	Результат анализа		ПДК
	Впадение р. Б.Мотовилиха	У плотины	
Сухой остаток, мг/дм <sup>3</sup>	335,3	338,3	1000–1500
рН, ед.	8,19	8,32	6–9
Хлорид-ион, мг/дм <sup>3</sup>	23,8	24,6	350
Сульфат-ион, мг/дм <sup>3</sup>	66,1	63,5	500
Нитрит-ион, мг/дм <sup>3</sup>	0,10	0,19	3,3*
Аммоний-ион, мг/дм <sup>3</sup>	<0,5	<0,5	1,5*
Нитрат-ион, мг/дм <sup>3</sup>	8,9	7,6	45
Медь, мг/дм <sup>3</sup>	0,0024	0,0017	1
Цинк, мг/дм <sup>3</sup>	0,007	0,008	1,0*
Марганец, мг/дм <sup>3</sup>	0,01	0,01	0,1*
Фосфат-ион, мг/дм <sup>3</sup>	<0,05	<0,05	3,5
Нефтепродукты, мг/дм <sup>3</sup>	<0,04	<0,04	0,1
ХПК, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	98	60	–
БПК, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	2,4	<0,5	–
Растворенный кислород, мг/дм <sup>3</sup>	11,8	14,4	–
СПАВ, мг/дм <sup>3</sup>	0,022	0,020	0,5
Железо общее, мг/дм <sup>3</sup>	0,10	0,07	0,3*

Примечание: \*в сравнении с ГН 2.1.5.1315-03 [4]

Результаты анализов показывают, что воды Мотовилихинского пруда соответствуют требованиям СанПиН 2.1.4.1175-02 [9] и ГН 2.1.5.1315-03 [4] по заявленному перечню показателей.

Содержание растворенного кислорода изменяется от 13,2 мг/л в районе впадения р.Б.Мотовилиха до 14,6 – у плотины (в начале лета) и в пределах от 11,8 до 14,4 мг/л соответственно в середине лета. Эти данные свидетельствуют о хорошей насыщенности воды кислородом. Если рассматривать

изменение растворенного кислорода по глубине, то можно отметить, что с глубиной количество кислорода уменьшается в разы (до 4–6 мг/л).

Определение БПК<sub>5</sub> в водах Мотовилихинского пруда показало, что его значение изменяется от 3,9 мг О<sub>2</sub>/л в районе впадения р. Б.Мотовилиха до 3,5 – у плотины (в начале лета) и от 2,4 до <0,5 мг О<sub>2</sub>/л соответственно в середине лета. Это свидетельствует о разных классах загрязненности: от очень чистых до умеренно загрязненных.

Наиболее информативным суммарным показателем антропогенного загрязнения является ХПК, величина которого зависит от содержания практически всех органических веществ. Определение ХПК в водах Мотовилихинского пруда показало, что его значение изменяется от 33 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> в районе впадения р.Б.Мотовилиха до 98 – у плотины (в начале лета) и от 17 до 60 мг О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> соответственно в середине лета. Воды пруда можно отнести к очень грязным. Высокие значения ХПК (до десятков мг/л) говорят о высоком содержании органических веществ (как природного, так и техногенного происхождения), подтверждают высокий трофический статус водоема (гиперэвтрофный) и биологическую ситуацию в нем (развитие и распад высшей водной растительности). Считаем, что высокие значения ХПК обусловлены активным смывом с поверхности водосбора органических веществ в результате большого количества осадков летом 2015 г.

Анализ табл. 3 показал, что превышений по содержанию тяжелых металлов, железа и нефтепродуктов согласно ГН 2.1.7.2511-09 [5] в донных отложениях Мотовилихинского пруда не выявлено.

Сравнение содержания изучаемых элементов, находящихся в воде и донных отложениях, приведенных в долях ПДК, свидетельствует о том, что их концентрации в донных отложениях превышают концентрации в воде. Следовательно, происходит постепенное накопление загрязняющих элементов в донных отложениях.

Известно, что речные наносы мелких фракций, обладающие высокой сорбционной способностью, в процессе своего перемещения и отложения в русле реки накапливают весь комплекс химических элементов, присутствующих в воде. Концентрация загрязняющих химических элементов в наносах размером меньше 0,020 мм (илистые частицы) зачастую превышает их концентрацию в речной воде в 5–10 раз. Именно техногенные донные отложения являются концентраторами основной массы загрязняющих водные системы веществ, которые не только растворяются в воде, но и частично инактивируются, вступая во взаимодействие между собой, или же образуют новые соединения, более токсичные, чем исходные [8].

То, что содержание тяжелых металлов в донных отложениях Мотовилихинского пруда не превышает ПДК, возможно, частично связано с тем, что в апреле 2000 г. он был спущен для ремонта плотины и произведена очистка ложа от ила. Вместе с тем удаление иловых наносов осуществлялось лишь на небольшом приплотинном участке и в целом для пруда было малоэффективным. Гораздо больший положительный эффект оказали естественные процессы, произошедшие на территории пруда после его спуска. Во-первых, произошло уплотнение донных осадков под собственной тяжестью, когда они остались вне воды. Это привело к консервации большинства веществ, находившихся в нижних слоях отложений: так они оказались частично изолированы от экосистемы пруда. Во-вторых, в органических веществах донных осадков, оказавшихся в воздушной среде, стали интенсивнее протекать процессы окисления и минерализации. В-третьих, за летний период 2000 г. произошло частичное зарастание ложа пруда наземными растениями и задернение поверхности дна, что привело к снижению подвижности донных осадков. Это оказало положительное влияние на биоценоз пруда в первые 1 – 2 года после появления воды, так как залитая растительность – прекрасный субстрат для нереста многих видов рыб, корм для ряда беспозвоночных животных и т.п.

Из рис. 2 видно, что пруд сильно обмелел за 15 лет, особенно в верхней части, где глубины сегодня не достигают и 0,5 м. Такое уменьшение глубин способствует более быстрому прогреву вод, увеличению скорости развития подводных растений, что, в конечном счете, обуславливает заиление.

В настоящее время пруд активно зарастает высшей водной растительностью. В зарослях погруженной высшей водной растительности доминирует рдест узколистный *Potamogeton angustifolium* L. Ему сопутствуют рдест пронзеннолистный *Potamogeton perfoliatus* L. и рдест гребенчатый *Potamogeton pectinatus* L. (рис.3).

По берегам пруда произрастают рогоз широколистный *Typha latifolia* L., камыш озёрный *Scirpus lacustris* L. и околотовидные хвощи неустановленной видовой принадлежности (род *Equisetum*). Зарастание пруда наиболее интенсивно протекает в его верхней части в месте сопряжения р.



Б.Мотовилихи и пруда. Площадь зарастания к концу вегетационного периода составляет примерно 30% общей площади пруда.



Рис. 3. Заросли погруженной высшей водной растительности (*Potamogeton angustifolium* L.), 2015 г. [3]

В составе зоопланктона пруда зарегистрировано 19 видов. Наиболее разнообразно представлены коловратки (тип *Rotifera*), насчитывающие 9 видов. Ветвистоусые ракообразные (отряд *Cladocera*) представлены 7 видами. Среди веслоногих ракообразных (отряд *Copepoda*) выявлено 3 вида.

В изученных биотопах Мотовилихинского пруда складываются зоопланктоценозы, существенно различающиеся по уровню своего развития. Наиболее разнообразные сообщества планктонных животных оказались в приплотинном участке и в правом прибрежье (17 и 16 видов соответственно). Наименьшее количество видов (13) выявлено в левом прибрежье. Наибольшие показатели численности и биомассы установлены в правом прибрежье водоема, наименьшие – в его верхней части. В целом, уровень развития зоопланктона Мотовилихинского пруда следует признать довольно значительным, приближающимся к соответствующим показателям высокопродуктивных прудов Российского Черноземья.

При всех различиях в видовом разнообразии и показателях численности и биомассы состав доминантного комплекса зоопланктоценозов оказался довольно монотонным. Во всех из них абсолютным доминантом явилась коловратка *A. priodonta*. На долю этого вида в биотопах нижней части пруда приходилось 60,0–67,3% общей биомассы планктонных сообществ, и лишь в его верховьях его роль была существенно ниже. В число видов-субдоминантов вошли ветвистоусые рачки *B. longirostris* и копеподы *C. strenuus* и *M. leuckarti*. Вклад прочих видов в биомассу зоопланктоценозов не превышал 1,0%.

В составе зообентоса Мотовилихинского пруда зарегистрировано 11 таксонов. Наиболее разнообразно представлены личинки комаров-звонцов (семейство *Chironomidae*) – 7 видов. Малощетинковые черви (класс *Oligochaeta*) насчитывают 2 вида, принадлежащих к единственному семейству *Tubificidae*. Среди двустворчатых моллюсков (класс *Bivalvia*) выявлены молодые представители двух семейств *Pisidiidae* и *Sphaeriidae*. Более точная идентификация их невозможна ввиду отсутствия сформированных родовых и видовых диагностических признаков.

Анализ зообентоценозов Мотовилихинского пруда показал, что они характеризуются крайне низким таксономическим разнообразием, упрощенной структурой и весьма высокими показателями численности и биомассы, позволяющими охарактеризовать его как водоем гиперэвтрофного типа. Комплекс биологических показателей демонстрирует, что пруд испытывает тяжелое органическое загрязнение.



## Гидрология

Сапробность воды Мотовилихинского пруда по индексу Пантле и Букка изменялась от 1,36 в медиали нижней части водоема до 1,53 в верховьях, что находится вблизи границы олиго- и бета-мезосапробных вод (1,5). Сапробность по Пантле и Букку в модификации Сладечека составила 1,43–1,80, что позволяет отнести воду Мотовилихинского пруда к III классу качества (умеренно загрязненные).

Характеристика экологического состояния пруда в пределах зон мелководной, средних глубин и глубоководной приведена в табл. 5.

Таблица 5

Характеристика экологического состояния пруда в пределах каждой зоны

Характеристика	Мелководная зона, включающая устьевую часть р. Б.Мотовилиха	Промежуточная зона средних глубин	Глубоководная, включающая район впадения р. М.Мотовилиха
Химический состав воды	По величине минерализации воды, содержанию главных ионов, а также по концентрации нитратов и нитритов, нефтепродуктов, растворенного кислорода и др. воды пруда соответствуют требованиям СанПиН 2.1.4.1175-02 и ГН 2.1.5.1315-03		
Химический состав донных отложений	По содержанию тяжелых металлов, железа и нефтепродуктов в донных отложениях превышений не выявлено согласно ГН 2.1.7.2511-09		
Величины БПК <sub>5</sub> в начале лета	3,9 мгО <sub>2</sub> /л – загрязненные воды	–	3,5 мгО <sub>2</sub> /л – загрязненные воды
Величины БПК <sub>5</sub> в середине лета	2,4 мг О <sub>2</sub> /л – умеренно загрязненные	–	<0,5 мг О <sub>2</sub> /л – очень чистые
Показатель ХПК в начале лета	33 мг О <sub>2</sub> /л – очень грязные воды	–	98 мг О <sub>2</sub> /л – очень грязные воды
Показатель ХПК в середине лета	17 мг О <sub>2</sub> /л – очень грязные воды	–	60 мг О <sub>2</sub> /л – очень грязные воды
Зарастание, % от общей площади	72%	20 %	26 %
Скорость заиления	0,09 м/год	0,02 м/год	0,02 м/год
Мутность	Слабо мутная		Опалесцирующая
Прозрачность	55–60 см		
Обследование высшей водной растительности	В зарослях погруженной высшей водной растительности доминируют рдест узколистный <i>Potamogeton angustifolium</i> L., рдест пронзеннолистный <i>Potamogeton perfoliatus</i> L. и рдест гребенчатый <i>Potamogeton pectinatus</i> L. По берегам произрастают рогоз широколистный <i>Typha latifolia</i> L., камыш озёрный <i>Scirpus lacustris</i> L. и околотовдные хвощи неустановленной видовой принадлежности (род <i>Equisetum</i> )		
Зоопланктон			
Таксономический состав зоопланктоценозов	Коловратки (тип <i>Rotifera</i> ) – 9 видов; Ветвистоусые ракообразные (отряд <i>Cladocera</i> ) – 7 видов, веслоногие ракообразные (отряд <i>Soropoda</i> ) – 3 вида		
Количественное развитие	Численность составляет 356,97 тыс. экз/м <sup>3</sup> Биомасса – 1,67 г/м <sup>3</sup>	–	Численность составляет 800,97 тыс. экз/м <sup>3</sup> Биомасса – 4,32 г/м <sup>3</sup>
Сапробность воды по индексу Пантле и Букка	1,53 (вблизи границы олиго- и бета-мезосапробных вод)	–	1,43 (вблизи границы олиго- и бета-мезосапробных вод)
Сапробность по Пантле-Букку в модификации Сладечека	1,52 – III класс качества (умеренно загрязненные)	–	1,43 – III класс качества (умеренно загрязненные)

## Выводы

Интенсивность формирования, мощность, гранулометрический и химический состав донных отложений в Мотовилихинском пруду в основном зависят от антропогенных условий бассейна и совокупности процессов, которые происходят в самом водоёме.

Донные отложения играют важную роль в формировании экосистемы Мотовилихинского пруда. Они накапливают загрязняющие вещества и микроэлементы, поэтому могут рассматриваться как маркер качества воды и одновременно источника вторичного загрязнения. Для экологической оценки состояния донных отложений проведена оценка состояния донных сообществ, подверженных антропогенному влиянию. Наиболее стабильным компонентом животного населения водотоков и водоемов является зообентос, поэтому использование его показателей при экологическом мониторинге позволяет в определенной мере судить о состоянии и тенденциях развития всей водной экосистемы [1]. В целом можно отметить, что зообентоценозы Мотовилихинского пруда характеризуются крайне низким таксономическим разнообразием, упрощенной структурой и весьма высокими показателями численности и биомассы, позволяющими охарактеризовать его как водоем гиперэвтрофного типа. Комплекс биологических показателей демонстрирует, что пруд испытывает тяжелое органическое загрязнение.

### Библиографический список

1. Баканов А.И., Гапеева М.В., Томилина И.И. Оценка качества донных отложений с использованием элементов триадного подхода (на примере озера Плещеево) // Биология внутренних вод. 1999. № 1–3. С. 148–160.
2. Белявский Г.О., Бутченко Л.И., Навроцкий В.М. Основы экологии: теория и практика. Киев: Либра, 2002. 357 с.
3. Березина О.А., Двинских С.А., Ларченко О.В., Паньков Н.Н. Некоторые экологические проблемы Мотовилихинского пруда г. Перми // Материалы IV заоч. Всерос. с межд. участ. науч.-практ. конф., посвящ. 170-летию Рус. географ. об-ва. Челябинск, 2015. С. 127–132.
4. Гигиенические нормативы: ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования: нормативно-технический материал. М., 2003. 152 с.
5. Гигиенические нормативы: ГН 2.1.7.2511-09. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве [Текст]: нормативно-технический материал. М., 2009. 10 с.
6. Двинских С.А., Китаев А.Б., Зуева Т.В., Щукова И.В. Водные объекты и их роль в формировании экологической обстановки города Перми. Пермь, 2008. 175 с.
7. Кудрин В.П. О классификации и происхождении грунтов водохранилищ // Бюл. Ин-та биол. внутр. вод АН СССР. 1960. №8–9. С. 57–61.
8. Мизандронцев И.Б. Химические процессы в донных отложениях водоемов. Новосибирск: Наука, 1990. 176 с.
9. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы: СанПиН 2.1.4.1175-02. Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников: нормативно-технический материал. М., 2003. 15 с.
10. Техногенное загрязнение речных экосистем / под ред. В.Н. Райнина и Г.Н. Виноградовой. М.: Научный мир, 2002. 140 с.

### References

1. Bakanov, A.I., Gapeeva, M.V., and Tomilina, I.I. "Assessment of benthic sediments quality using elements of triad approach in the case study of the lake Pleshcheev" *Biologiya vnutr. vod.* no. 1–3, pp.148–160.
2. Belyavskij, G.O., Butchenko, L.I., and Navrockij, V.M. (2002), *Osnovy ehkologii: teoriya i praktika* [Basics of Ecology: Theory and Practice], Kiev, Ukraine.
3. Berezina, O.A., Dvinskih, S.A., Larchenko, O.V., and Pan'kov, N.N. "Some environmental problems Motovilikha Perm city pond" *Mat-ly IV zaoch. Vseross. s mezhdunarod. uchast. nauch.-prakt. konf., posvyashch. 170-letiyu Rus. geograf. ob-va*, pp.127–132.
4. Minister of health Russian Federation (2003), 2.1.5.1315-03. *Gigienicheskie normativy: Predel'no dopustimye koncentracii (PDK) himicheskikh veshchestv v vode vodnyh ob'ektov hozyajstvenno-pit'evogo i kul'turno-bytovogo vodopol'zovaniya* [2.1.5.1315-03. The hygienic standard. Maximum permissible concentration (MPC) of chemicals in water bodies drinking and cultural and community water use], Moscow, Russia.
5. Minister of health Russian Federation (2009), 2.1.7.2511-09. *Orientirovochno dopustimye koncentracii (ODK) himicheskikh veshchestv v pochve* [2.1.5.1315-03. The hygienic standard. Roughly permissible concentration (APC) of chemicals in the soil], Moscow, Russia

6. Dvinskih, S.A., Kitaev, A.B., Zueva, T.V. and Shchukova, I.V. (2008), *Vodnye ob"ekty i ih rol' v formirovanii ehkologicheskoy obstanovki goroda Permi* [Water bodies and their role in the formation of the ecological situation of the city of Perm], Perm, Russia.

7. Kudrin, V.P. (1960), "About classification and origin of soil water reservoirs" *Byull.In-ta biol.vodoh. AN SSSR*. no. 8-9, pp. 57–61.

8. Mizandroncev, I.B. (1990), *Himicheskie processy v donnyh otlozheniyah vodoemov* [Chemical processes in the bottom sediments of water bodies], Novosibirsk, Russia.

9. Minister of health Russian Federation (2003), 2.1.4.1175-02. *SanPiN. Gigienicheskie trebovaniya k kachestvu vody necentralizovannogo vodosnabzheniya. Sanitarnaya ohrana istochnikov* [2.1.4.1175-02. The sanitary and epidemiological rules and standards: Hygienic requirements to the quality of decentralized water supply of water. Sanitary protection of sources], Moscow, Russia.

10. Rajnina, V. N., Vinogradovoj, G.N. (ed.) (2002), *Tekhnogennoe zagryaznenie rechnyh ehkosistem* [Anthropogenic pollution of river ecosystems], Moscow, Russia.

Поступила в редакцию: 11.11.2016

### Сведения об авторах

**Двинских Светлана Александровна**  
доктор географических наук, профессор,  
заведующий кафедрой гидрологии и охраны  
водных ресурсов Пермского государственного  
национального исследовательского  
университета;  
Россия, 614990, г.Пермь, ул.Букирева, 15;  
e-mail: dvins@mail.ru

**Ларченко Ольга Викторовна**  
Кандидат географических наук, доцент кафедры  
гидрологии и охраны водных ресурсов  
Пермского государственного национального  
исследовательского университета;  
Россия, 614990, г.Пермь, ул.Букирева, 15;  
e-mail: larhcenko@yandex.ru

**Березина Ольга Алексеевна**  
аспирант кафедры гидрологии и охраны водных  
ресурсов Пермского государственного  
национального исследовательского  
университета;  
Россия, 614990, г.Пермь, ул.Букирева, 15;  
e-mail: berezina.olga16@gmail.com

### About the authors

**Svetlana A. Dvinskikh**  
Doctor of Geographical Sciences, Professor, Head  
of the Department of Hydrology and Water  
Recourses Protection, Perm State University;  
15, Bukireva, Str., Perm, 614990, Russia;  
e-mail: dvins@mail.ru

**Olga V. Larchenko**  
Candidate of Geographical Sciences, Associate  
professor of the Department of Hydrology and  
Water Recourses Protection, Perm State University;  
15, Bukireva, Str., Perm, 614990, Russia;  
e-mail: larhcenko@yandex.ru

**Olga A. Berezina**  
Postgraduate Student, Department of Hydrology  
and Water Recourses Protection, Perm State  
University;  
15, Bukireva, Str., Perm, 614990, Russia;  
e-mail: berezina.olga16@gmail.com

### Пробьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

*Двинских С.А., Ларченко О.В., Березина О.А.* Условия формирования донных отложений и их влияние на экосистему Мотовилихинского пруда г. Перми // Географический вестник = Geographical bulletin. 2017. №1(40). С. 55–65. doi 10.17072/2079-7877-2017-1-55-65

### Please cite this article in English as:

*Dvinskikh S.A., Larchenko O.V., Berezina O.A.* The conditions of benthal deposits formation and their effect on the ecosystem (a case study of the Mотовilikha pond in Perm) // Geographical bulletin. 2017. № 1(40). P. 55–65. doi 10.17072/2079-7877-2017-1-55-65