

УДК

## ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ БОЛЬШОГО ЛАСЬВИНСКОГО ОЗЕРА

© 2011 г. Д.И. Перепелица<sup>1</sup>, А.П. Лепихин<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Горный институт Уральского отделения Российской академии наук, г. Пермь

<sup>2</sup>Камский филиал ФГУП «Российский научно-исследовательский институт комплексного использования и охраны водных ресурсов», г. Пермь

**Ключевые слова:** экологическое состояние озера, сточные воды предприятия, техногенное воздействие на сточное озеро.



Д.И. Перепелица



А.П. Лепихин

Рассматривается современное экологическое состояние Большого Ласьвинского озера, проведена оценка техногенного влияния на него сбросов сточных вод промышленных предприятий. Определены основные морфометрические характеристики, дан анализ изменения химического состава вод озера.

Большое Ласьвинское озеро является крупным водным объектом, расположенным в бассейне р. Камы в черте г. Пермь на территории Кировского района и непосредственно примыкает к охранному периметру ФКП «Пермский пороховой завод». Через акваторию озера осуществляется сброс в Воткинское водохранилище сточных вод оборонного предприятия, поэтому проход к озеру без соответствующего допуска был запрещен до начала 1990-х годов, когда озеро было выведено из разряда закрытых объектов. К озеру был открыт общий доступ, однако в силу особенностей его расположения, оно не имеет подъездных автомобильных дорог и доступ к нему ограничивается природными условиями.

На Большом Ласьвинском озере сложилась уникальная ситуация: с одной стороны озеро является приемником сточных вод крупного промышленного предприятия, с другой – не используется для целей рекреации и рыболовства. Все это делает данное озеро интересным объектом для изучения влияния сбросов сточных вод на экологическое состояние сточных озер.

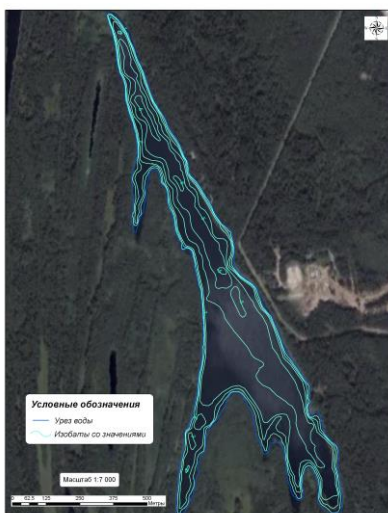
## Происхождение озера

Последнее значительное естественное изменение русла и поймы Камы произошло в мае 1914 г. и было связано с крупнейшим, за наблюдаемый период, наводнением. Максимальные расходы воды во время прохождения половодья зафиксированы 27 мая 1914 г, максимальный срочный расход воды составил  $18\ 600\ \text{м}^3/\text{с}$  [1]. Прохождение таких значительных расходов воды сопровождалось не только затоплением больших площадей в пойме реки, но и переформированием части речной долины. Именно с этим катастрофическим наводнением связано происхождение многочисленных озер в пойме Камы. По своему генезису Большое Ласьвинское озеро и другие озера, расположенные в непосредственной близости от него (Малое Ласьвинское, Дикое, Горное), являются «отшнуровавшимися» старицами (рис. 1).



**Рис. 1.** Картограмма района размещения Большого Ласьвинского озера.

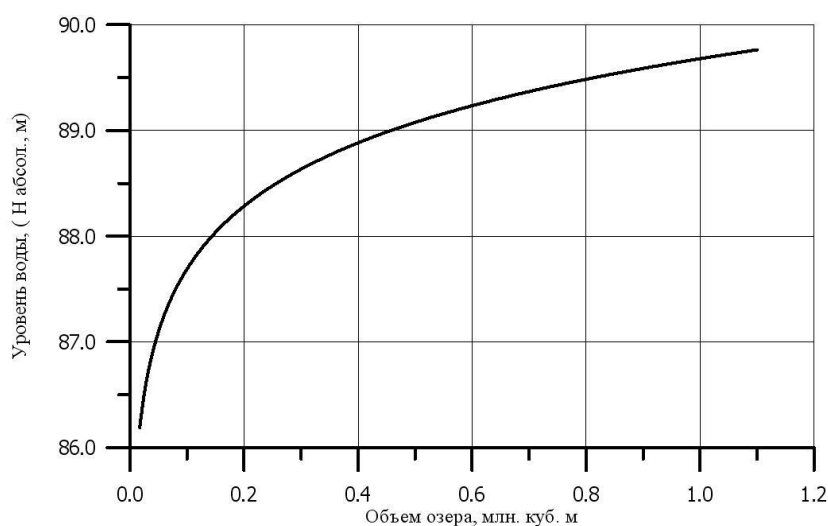
В ходе изучения Большого Ласьвинского озера летом 2008 г. были проведены детальные исследования его морфологии. Полученная в результате выполнения данных работ карта глубин озера представлена на рис. 2.



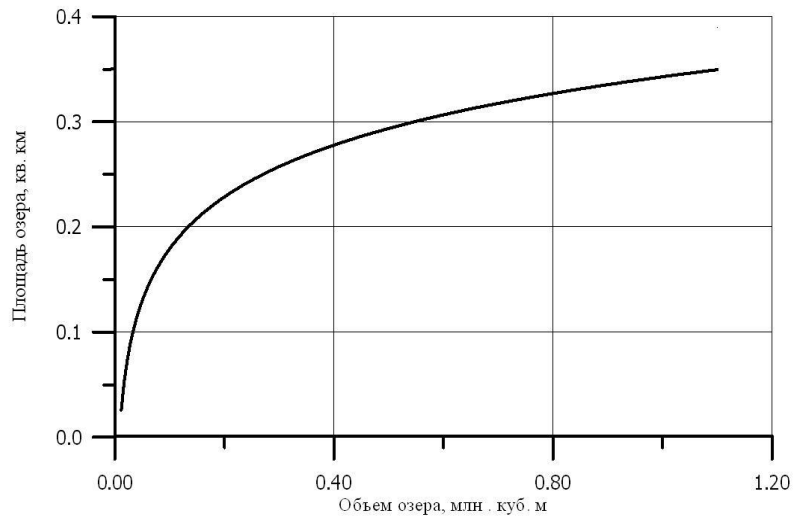
**Рис. 2.** Распределение глубин на Большом Ласвинском озере.

Площадь озера при отметке его заполнения 90,557 м составляет примерно  $0,36 \cdot 10^6 \text{ м}^2$ . Как видно на рис. 2, распределение глубин в озере достаточно однородно, наибольшие глубины  $\sim 5,7 \text{ м}$  отмечаются в центральной части, в заливах – от 0,5 м до 2,0 м.

Обработка батиметрических измерений и картографических материалов района расположения озера позволила построить ориентировочные кривые связи  $F = f(W)$ ,  $H \sim f(W)$  в виде функциональных зависимостей  $F = f_A(W)$ ,  $H \sim f_H(W)$ , представленных на рис 3.



а



б

**Рис. 3.** Морфометрические зависимости уровня (а) и площади (б) Большого Ласьвинского озера от объема воды.

Одним из основных источников поступления воды в озеро является сброс сточных вод с ФГУП «Завод им. Кирова» [2]. Объем сброса сточных вод задается на

основе материалов официальной отчетности в форме «2ТП-водхоз» и составляет 195 м<sup>3</sup>/ч (1,7 млн м<sup>3</sup>/год).

Производственные сточные воды после прохождения через трехкаскадные биологические очистные сооружения – биологические прудки-отстойники (далее просто биологические прудки) самотеком по канаве длиной около 1 км поступают в Большое Ласьвинское озеро в непосредственной близости от пожарного пирса. В биологических прудках очистка происходит в естественных условиях без использования специальных микроорганизмов.

Так как данный канал транспортировки стоков характеризуется небольшой глубиной  $H < 0,10$  м, а скорость течения составляет 0,3 м/с, то вследствие хорошей аэрации в нем могут весьма интенсивно проходить дополнительные процессы самоочищения неконсервативных загрязняющих веществ.

Как следует из рассматриваемых выше характеристик озера, слагающие перемычку между озером и р. Кама породы представлены суглинком и песком. Поэтому при ориентировочной оценке в качестве характерного значения коэффициента фильтрации можно принять  $K_f \sim 1,2 \cdot 10^{-4}$  м/с.

Расстояние между Большим Ласьвинским озером и р. Кама в самой узкой части около 800 м. Уровень воды в озере достаточно стабилен и составляет по отдельным замерам 90,56–90,57 м БС. Принимая характерный уровень в Воткинском водохранилище при НПУ = 89,0 м БС, имеем

$$\frac{\partial H}{\partial x} \sim \frac{90,56 - 89,0}{1,0} = 1,56 \text{ м.}$$

Если характерные размеры области фильтрации очень трудно оценить методами прямого измерения, то при косвенной оценке можно принять, что фильтрация наблюдается равномерно по всему примыкающему к реке берегу озера и при характерной глубине 5 м, имеем  $G_f \sim 3,17 \cdot 10^6$  м<sup>3</sup>/год. Средний многолетний слой стока для территории расположения озера составляет 0,22 м/год.

Основные компоненты водного баланса Большого Ласьвинского озера приведены в таблице.

**Таблица.** Основные компоненты водного баланса Большого Ласьвинского озера

Основные компоненты водного баланса	Млн м <sup>3</sup> /год
<b>Приходная часть</b>	
Сброс сточных вод	1,7
Осадки на площадь озера	0,24
Сток с водосборной территории	1,4
<b>Расходная часть</b>	
Испарение с водной поверхности	0,17
Сток из озера (поверхностный и подземный)	3,17

Оценивая приходную и расходную части водного баланса озера, нетрудно видеть, что сброс сточных вод является очень существенным его компонентом. Так, если слой эффективных осадков  $x_{\text{эф}} = (x - \bar{z})$  (осадки за вычетом испарения) составляет 0,186 м/год, а объем озера  $1,0 \cdot 10^6$  м<sup>3</sup>, сток с водосборной территории  $q_{\text{Fcc}} = \bar{y} \cdot A_{\text{водосб}} = 0,22 \cdot 6,3 = 1,4$  млн м<sup>3</sup>/год.

где  $\bar{z}$  – среднее испарение;

$\bar{y}$  – средний слой стока.

Таким образом, для обеспечения стабильного уровня в многолетнем разрезе, озеро должно отдавать при средних климатических условиях около 3,17 млн м<sup>3</sup> воды в год.

Уровенный режим в озере в значительной мере стабилизируется двумя независимыми процессами:

- стоком воды через канал в Малое Ласьвинское озеро и далее в Каму (Воткинское водохранилище);
- фильтрацией воды из озера непосредственно в русло Камы (Воткинское водохранилище).

Расход воды в отводящем канале может быть приблизительно определен, исходя из уравнения:

$$Q \approx (H_{\text{оз}} - H_{\text{пр}})^{3/2+\alpha} \cdot C_1.$$

Средний расход в результате инфильтрации воды из озера в водохранилище можно определить по формуле:

$$Q \approx (H_{\text{оз}} - H_{\text{вод}})^{1/2} \cdot C_2,$$

где:  $H_{\text{оз}}$  – высота уровня озера, м БС;

$H_{\text{пр}}$  – высота порога озера, м абс;

$H_{\text{вод}}$  – высота уровня водохранилища, м абс;

$\alpha$  – коэффициент, зависящий от морфометрических особенностей русла ( $> 0$ );

$C_1$  и  $C_2$  – морфометрические коэффициенты.

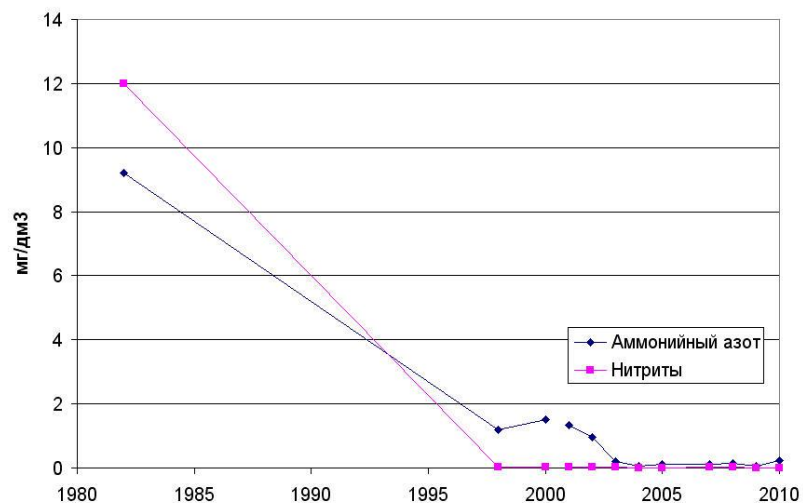
В весенний период при стоянии высоких уровней основной сток воды из озера идет через канал. В период летне-осенней и зимней межени величина стока заметно снижается и значительную роль начинает играть фильтрация воды через ложе озера.

### **Особенности качества вод озера**

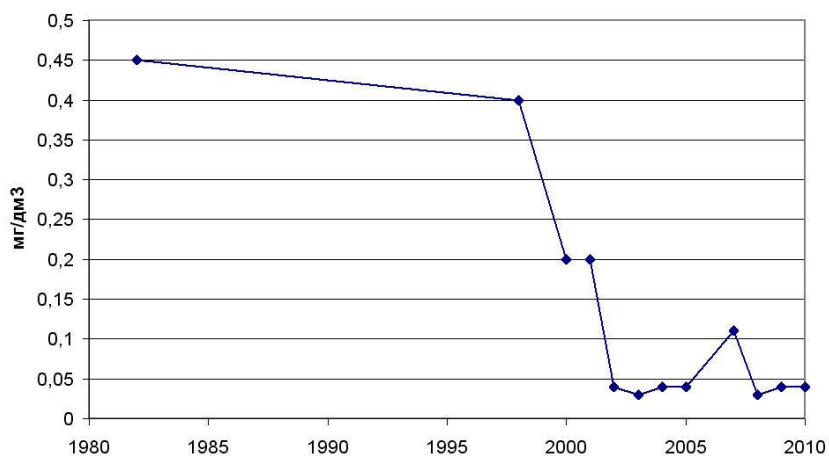
Для анализа экологического состояния озера были использованы данные по химическому составу воды озера за весь доступный период, включая данные наблюдений за 2010 г. Наиболее длинный ряд наблюдений за химическим составом вод имеется по точке «Район пожарного пирса», который отражает состояние водоема с учетом сброса загрязняющих веществ.

При анализе динамики концентраций загрязняющих веществ (рис. 4) видно, что с 1980-х годов наблюдается заметное снижение концентраций азотных соединений и нефтепродуктов, что связано с уменьшением объема производства. Но при этом произошло повышение концентраций хлоридов и сульфатов вследствие увеличения поступления фекальных стоков из системы канализации Кировского района г. Пермь. Содержание загрязняющих ингредиентов в воде не превышает их соответствующих ПДК. Повышенное содержание железа объясняется его большими концентрациями в забираемой воде Камы и находится на уровне его «геохимического» фона.

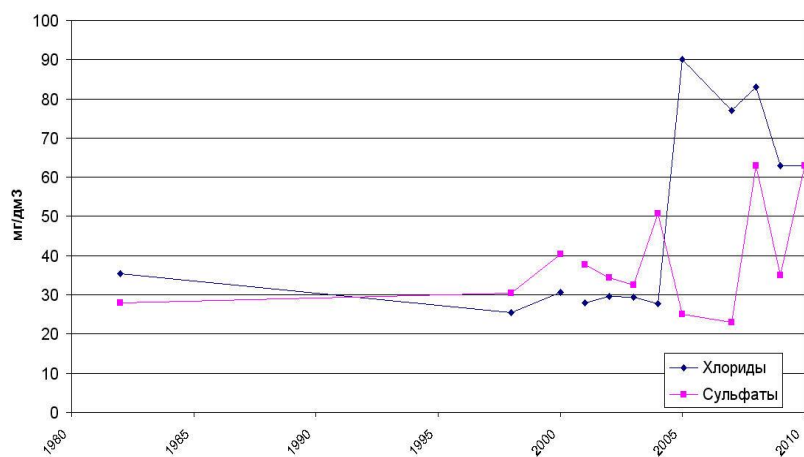
**а**



б



в



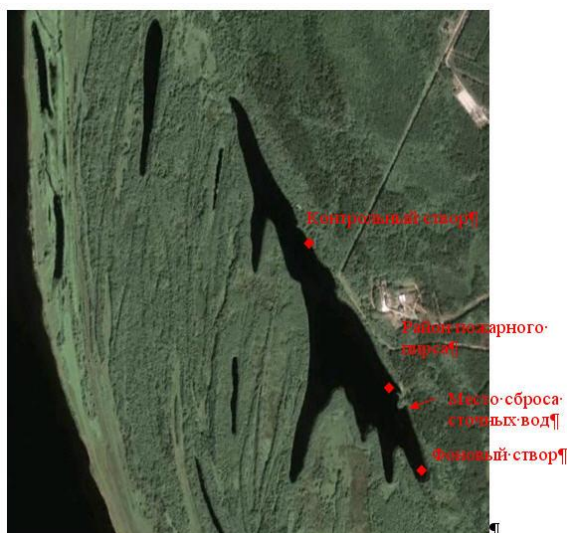
**Рис. 4.** Динамика изменения концентраций в воде Большого Ласьвинского озера в районе пирса: а – азота аммонийного и нитритов, б – нефтепродуктов, в – хлоридов и сульфатов.



Эти результаты химических анализов очень хорошо согласуются с результатами биотестирования. Для токсикологической оценки были использованы следующие тест-объекты: рыба – *Brachydanio rerio*, зоопланктон – *Daphnia magna*, водоросли – *Scenedesmus quadricauda*.

Критерием острой токсичности является снижение численности живых организмов на 50 % и более за 96 часов экспозиции по сравнению с контролем. При снижении до 20 %, тестируемая вода не является токсичной.

Согласно проведенным исследованиям, сточные воды после прудков-отстойников слаботоксичны. В месте сброса сточных вод в озеро пробы относились уже к нетоксичным. Также нетоксичной была вода во всех отобранных пробах воды на озере. При этом наряду с поверхностным отбором проб, проводился их отбор с глубины. Точки отбора на акватории озера представлены на рис. 5.



**Рис. 5.** Схема отбора проб на Большого Ласьвинском озере.

Биотестированию были подвергнуты как пробы воды, так и донных отложений. Исследование образцов донных отложений имеет принципиальное значение, т. к. они отражают состояние водного объекта за предшествующие периоды, в то время как пробы воды характеризуют современное его состояние.

Проведенные исследования показали, что для дафний (наиболее чувствительного звена в данной трофической цепочке) водная вытяжка проб грунта является токсичной. Так как донные отложения накапливают загрязнения, то токсичность проб донных отложений, возможно, обусловлена поступлением в озеро загрязненных сточных вод в предшествующие периоды.

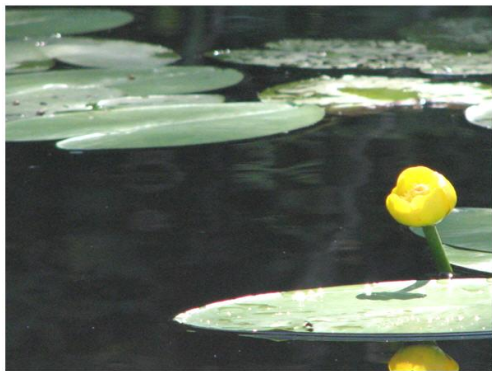
На основании анализа фондовых материалов по гидрохимическому режиму озера, а также материалов натуральных наблюдений, озеро в гидрологическом, гидрохимическом и гидробиологическом отношениях находится в достаточно стабильных условиях.

Содержание основных контролируемых ингредиентов довольно равномерно распределено по акватории водного объекта и при этом не только ниже соответствующих ПДК, но и ниже концентрации данных ингредиентов в р. Кама. Материалы биотестирования также подтверждают отсутствие проявлений токсичности в воде рассматриваемого водного объекта.

Графики, представленные на рис. 6, иллюстрируют динамику изменения концентраций загрязняющих веществ в фоновом и контрольном створах, и соответственно, показывают степень влияния сбросов промышленного предприятия на химический состав воды в озере. По отдельным показателям (нефтепродукты, железо) концентрации в фоновом створе выше, чем концентрации в контрольном, т. е. с естественным стоком в воду озера попадает больше загрязняющих веществ, чем от стоков промышленных предприятия. В целом, разница между концентрациями загрязняющих веществ в фоновом и контрольном створах редко превышает 20 % и в среднем составляют 10 %, следовательно, влияние сточных вод на экологическое состояние водотока можно оценить, как незначительное. Это подтверждает и проведенное биологическое обследование водоема.

В ходе обследования на акватории озера были обнаружены занесенные в Красную книгу Среднего Урала виды растений: кубышка желтая (*Nuphar lutea Smith*) – IV категория, вид с неопределенным статусом (рис. 7а) и кувшинка четырехлепестная (*Nuphaea tetragona Georgi*) – III категория – редкий вид (рис. 7б). Оба вида очень чувствительны загрязнению и могут произрастать только в водоемах с чистой водой. Дефекты развития и угнетенное состояние у растений не наблюдались.

**Рис. 6.** Динамика концентраций загрязняющих веществ в воде Большого Ласьвинского озера.



а)



б)

**Рис. 7.** Кубышка желтая (*Nuphar lutea* Smith), IV категория, вид с неопределенным статусом (а), кувшинка четырехлепестная (*Nuphaea tetragona* Georgi), III категория, редкий вид (б).

Исходя из выше перечисленных фактов, Большое Ласьвинское озеро может считаться экологически чистым водным объектом. Озеро успешно ассимилирует сбрасываемые в него сточные воды.

Для объективной оценки современного состояния рассматриваемого водного объекта целесообразно его сопоставить с аналогичным водоемом, расположенным в подобных физико-географических условиях, но вне зоны активного техногенеза. В качестве такого водного объекта можно рассмотреть озеро Дикое (см. рис. 1), которое расположено в 1,5 км к юго-востоку от Большого Ласьвинского озера и имеет сопоставимые размеры. Характерной особенностью этого озера является его активное использование для целей рекреации. В то же время оно не испытывает прямого техногенного воздействия. При обследовании оз. Дикого было обнаружено большое количество бытового мусора как на берегу, так и на акватории озера. Водная и прибрежная растительность находилась в угнетенном состоянии, была замечена сильная эвтрофикация водоема и, как следствие, нарушен кислородный баланс. Вода отличалась низкой прозрачностью ( $< 20$  см), слабым неопределенным запахом.

При сравнительном анализе двух водоемов можно сделать вывод, что на экологическое состояние озер, находящихся в черте крупных городов, большее негативное воздействие оказывает их стихийное нерациональное использование в рекреационных целях, чем сброс сточных вод промышленного предприятия.

В целом, комплекс Ласьвинских озер очень интересен для изучения. Эти озера могут стать базой для исследования влияния антропогенного и техногенного воздействий на водные объекты. Большое Ласьвинское озеро целесообразно использовать в дальнейшем в качестве модельного объекта при отработке методики расчета предельно-допустимых нагрузок, оценки его ассимилирующей способности по отношению к различным загрязняющим ингредиентам.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лепихин А.П., Перепелица Д.И. Большое Ласьвинское озеро. Пермь, 2006.
2. Лепихин А.П., Перепелица Д.И. Оценка влияния зон загрязнения, создаваемых вследствие сжигания твердотопливных ракетных двигателей, на прилегающие территории и водные объекты // Водное хозяйство России. 2007. № 6. С. 79–94.

### **Сведения об авторах:**

Перепелица Дмитрий Ильич, м. н. с., Горный институт Уральского отделения РАН, г. Пермь, 614007, г. Пермь, ул. Сибирская, 78-а; e-mail: perpelitsa\_di@mail.ru

Лепихин Анатолий Павлович, д. г. н., профессор, директор Камского филиала ФГУП РосНИИВХ, 614007, г. Пермь, ул. Народовольческая 33; e-mail: lepihin49@mail.ru