

УДК 662.51

## **Геоэкологическое обоснование рациональной организации территории в границах осушаемого участка Нижнезырянского водохранилища**

**Н.Г. Максимович, Е.А. Ворончихина, И.Ю. Дылдин,**

**В.И. Каменщикова, А.В. Сунцов**

**Пермский государственный университет**

Свыше пятидесяти лет существует Нижнезырянское водохранилище в Пермском крае. За это время искусственно созданный водоем «вписался» в естественный ландшафт, став главной достопримечательностью зеленой зоны г.Березники и излюбленным местом отдыха населения. У водохранилища выработался «профиль равновесия», сформировалась прибрежная отмель, накопился мощный слой донных отложений, оцениваемый в 3500 тыс.м<sup>3</sup>. Важнейшая особенность природных условий территории размещения этого водоема – распространение карстующихся пород, осложненных горными выработками. Развитие подземного карста сопровождается поверхностными геоморфологическими процессами, образованием катастрофических провалов.

В 2007 г. такой провал сформировался в непосредственной близости от плотины пруда. Создалась реальная угроза ее прорыва и стихийного сброса вод, в связи с чем на административном уровне было принято решение спустить часть водной массы в плановом режиме для предотвращения возможных катастрофических последствий, осушенную часть пруда рекультивировать с учетом ее размещения в зеленой зоне крупного промышленного города.

Обзор имеющегося отечественного и зарубежного опыта показал, что наиболее перспективным направлением рекультивации подобных объектов является их освоение под промышленную, жилищную застройку или под объекты рекреации. Именно таким образом рекультивированы осушенные илоотстойники Мосгорводоканала и шламовые поля в зеленой зоне Санкт-Петербурга [7]. Однако развитие карстовых процессов не позволило реализовать данный опыт в рассматриваемом случае. Проблему следовало решать индивидуальным порядком после тщательного изучения экологической ситуации в ареале осушения с учетом прогнозируемого развития естественных процессов ренатурализации, включая особенности зарастания, состояние и динамику физико-химических свойств донных отложений, оценки возможностей их хозяйственного использования.

На период постановки проблемы верхняя часть акватории пруда была частично осушена (рис.1), изучение развивающихся здесь экологических процессов послужило основой прогноза развития ситуации в целом.



Рис. 1. Общий вид обезвоженного участка Нижнезырянского водохранилища (август 2007 г.)

Негативные последствия снижения уровня воды в водохранилище проявились уже через месяц – обнажившиеся иловые массы стали источником распространения резкого гнилостного запаха, появления большого количества синантропных насекомых–разносчиков инфекций. Непременное следствие понижения уровня воды в чаше водохранилища – снижение местного базиса эрозии для питающих его водотоков – привело к активизации поверхностных водно-эрозионных процессов, нарушающих орографическую стабильность значительной площади. Данная тенденция проявилась на обезвоженных участках практически сразу (рис.2).



Рис.2. В границах ареала осушения активизировались водно-эрозионные процессы

Дальнейшее ее развитие не только ухудшит санитарное состояние вод, но и вызовет перераспределение донных отложений в чаше водохранилища.

Как наиболее вероятный вариант развития негативных орографических последствий ожидается заиление акватории нижней части водохранилища, ее трансформация в мелководный, хорошо прогреваемый водоем с неизбежным эвтрофированием. Эвтрофикация приведет к зарастанию и заболачиванию прибрежных мелководий, ухудшению эдафических условий среды обитания гидрофауны, к утрате рыбопромыслового значения водохранилища.

Подсыхая, донные отложения будут являться источником пыли, загрязняющей санитарно-защитную зону пруда и прилегающую урбанизированную территорию. Первичный анализ гранулометрического состава иловых масс позволил оценить пылевой потенциал осушаемой акватории в 40 тыс.т. Поскольку донные отложения формировались в условиях промышленной нагрузки, пыль насыщена загрязняющими ингредиентами, в том числе тяжелыми металлами, ее рассеивание приведет к загрязнению прилегающей территории. В силу сложившейся розы ветров, их скорости и повторяемости, наиболее высокая атмосферическая нагрузка ожидается на северном побережье водохранилища с расположенной на нем селитебной зоной – г.Березники.

Реальную экологическую опасность обнажающиеся отложения будут представлять до их зарастания, т.е. до появления сомкнутых растительных ассоциаций, препятствующих развитию дефляционных процессов. Обследование показало, что процесс естественного зарастания протекает с различной степенью интенсивности в зависимости от состояния грунтов, их пригодности для роста и развития зональных видов растений. Наиболее активно зарастает осушенная прибереговая зона шириной до 20 м. Здесь в результате снижения уровня вод происходит активное развитие болотного процесса, определяющего состав формирующейся растительности с преобладанием гигрофитов: *Typha orientalis*, *Carex pilosa*, *Juncus filiformis*, *Equisetum palustre*, *Cirsium palustre* и др.

Информация о формировании растительного покрова на аналоговых объектах позволяет прогнозировать развитие возникших болотных ценозов в направлении формирования закустаренных гигрофильных лугов из *Agropyrum repens*, *Festuca pratensis*, *Galamagrostis epigeios*, *Carex pilosa*, *Equisetum palustre* и др. с постепенным внедрением древесных видов – *Salix sp.*, *Betula platyphylla*. Растительные ассоциации устойчивы в сложившихся условиях, хорошо переносят загрязнение, низкий уровень трофности грунтов, однако они обеднены в видовом отношении, имеют низкую продуктивность и, как следствие, пониженные водоохранно-защитные свойства. Данное обстоятельство нельзя не учитывать, поскольку в дальнейшем осушенная территория будет являться водоохранной зоной протекающей по ней р.Зырянки и сохранившегося объема пруда.

Изложенное указывает на необходимость мероприятий по содействию восстановлению растительного покрова, которые не могут решаться в отрыве от оценки состояния грунтов, формирующих корнеобитаемый слой. Согласно

литературным источникам донные иловые массы, как правило, характеризуются высоким уровнем трофности, зачастую их даже используют для повышения плодородия агрохозяйственных угодий [1]. Нижнезырянское водохранилище в этом отношении является исключением. Его формирование происходило в условиях повышенной антропогенной нагрузки – на протяжении длительного времени чаша водоема являлась приемником сточных вод промышленных предприятий г.Березники и ливневой канализации. В таких условиях вопросы использования иловых отложений нельзя решать без оценки их физико-химического и бактериологического состояния.

Физико-химические показатели донных отложений изучались в рамках стандартного перечня, предусмотренного нормативными документами [2-5]. Рассмотрены загрязнители нескольких групп, в том числе тяжелые металлы [5], нефтепродукты, водородный показатель (рН) и суммарный показатель химического загрязнения (Zc) [6]. Последний является важнейшей суммативной характеристикой для принятия решения о химической пригодности грунтов для хозяйственного использования. Расчетные значения этого показателя, характеризующего состояние донных отложений Нижнезырянского водохранилища, приведены в табл.1. Они свидетельствуют о том, что фактическая химическая нагрузка на донные отложения в территориальном плане неравномерна. В границах водохранилища есть участки практически чистые, в донных отложениях которых не выявлено превышений ни по одному из рассматриваемых загрязняющих ингредиентов, суммарный показатель Zc не превышает допустимого уровня, т.е. ниже 16 единиц. Наряду с ними обнаружены очень загрязненные отложения, Zc которых превышен в 1,5-5 раз. В этих отложениях в ходе анализов, выполненных КГУ «Пермский аналитический центр», выявлено превышение содержаний химических элементов 1 класса экологической опасности, в том числе высокое содержание цинка (3-10 ПДК), свинца (3 ПДК), кадмия (в 20-50 раз выше фона) и других экологически опасных элементов.

Таблица 1

**Оценка экологического состояния донных отложений по суммарному показателю химического загрязнения (Zc)**

Номера проб	Валовая химическая нагрузка, мг/кг* в.с. ила	Фактическое значение Zc	Кратность превышения Zc допустимого уровня	Категория опасности химического загрязнения
1, 3-11, 14, 17, 21, 24, 25, 28-32, 34-39	8,04 – 210,01	0,5 – 13,9	Превышений нет	Не представляет экологической опасности
12, 13, 15, 22, 23, 26,	205,71 – 300,01	16,1 – 23,0	Менее 2	Умеренно опасное

33, 40				
2, 16, 18, 19	254,05 – 429,24	38,2 – 79,6	Свыше 2	Опасное

Примечание: \* анализы выполнены КГУ «Пермский аналитический центр».

Наиболее высокая химическая нагрузка установлена на двух участках – нижней приплотинной части водохранилища и прибрежной мелководной зоне – в ареале воздействия стоков ливневой канализации с территории города. Сложившееся состояние донных отложений на этих участках водохранилища, оцененное согласно требованиям нормативных документов по суммарной химической нагрузке, соответствует категории «опасное загрязнение». Остальная площадь характеризуется очаговым распространением загрязнения. Очаговость обусловлена различиями в условиях илонакопления на фоне неоднородного рельефа дна. Современная химическая нагрузка в очагах загрязнения в суммарном выражении не выходит за пределы колебаний  $Z_c < 32$ , т. е. характеризуется как «умеренно опасная».

Согласно нормативным требованиям наряду с химическим загрязнением рассматривалось и оценивалось санитарно-гигиеническое состояние донных отложений – присутствие в них экологически опасных микроорганизмов. Микробиологические анализы выполнены КГУ «Пермский аналитический центр» совместно с Испытательным лабораторным центром ФГУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Пермском крае». В 17 % проб определено бактериально-микробное загрязнение. В составе загрязнения выявлены паразитарные формы: гельминты, кишечная палочка, широкий лентец. По суммарному проявлению загрязнение соответствует уровню «**опасное**», индекс БГКП > 100. Неблагополучные в санитарно-гигиеническом отношении участки отложений в большинстве случаев совпали с очагами химического загрязнения. Это позволило провести зонирование водохранилища с выделением функциональных участков с разным уровнем потенциальной экологической опасности (табл.2).

Всего выявлено 4 зоны, различающиеся по экологической нагрузке, совокупному уровню загрязнения и, как следствие, по потенциалу допустимого хозяйственного использования донных отложений (табл.2). Информация, систематизированная в таблице, наряду с характеристикой состояния донных отложений регламентирует объемы и характер их использования и утилизации. Фактически использовать для хозяйственных целей без предварительной обработки можно только донные отложения из верхней части водохранилища, не попадающей в ареал воздействия промышленно-хозяйственных стоков с городской территории.

**В зоне I**, приуроченной к верхней обезвоженной части водохранилища, занимающей около 11 % площади, с объемом донных отложений, оцененных в 600,0 тыс.м<sup>3</sup>, экологическая обстановка удовлетворительная.

Здесь не выявлено ни микробиологическое, ни химическое загрязнение. Донные отложения имеют легкий супесчаный состав, слабощелочную рН.

Согласно действующим нормативным требованиям донные отложения пригодны для всех видов хозяйственного использования, в том числе для улучшения структуры и снижения кислотности зональных глинистых кислых почв. На примере тест-культуры в опытах показан их ростстимулирующий эффект по отношению к травянистым видам (рис.3).

Таблица 2

**Зоны экологической опасности в границах водохранилища и рекомендации по использованию донных отложений**

Зона экологической опасности	Зональные показатели: категория загрязнения, характеристика донных отложений	Объемы донных отложений, тыс.м <sup>3</sup>	Рекомендации по использованию грунтов в соответствии с нормативными документами [5;4]
I	Бактериологическое и химическое загрязнение не выявлено. Грунты супесчаные, рН слабощелочная	600,0	Для всех видов использования, в том числе для улучшения структуры и снижения кислотности тяжелых глинистых кислых почв
II	Бактериологическое загрязнение обусловлено распространением кишечной палочки, соответствует уровню « <b>умеренно опасное</b> », индекс БГКП>100.  Химическое загрязнение на уровне « <b>умеренно опасного</b> » по суммарной нагрузке – Zс >16, но <32. Грунты суглинистые, рН слабощелочная	Общий объем отложений 2500,0, в том числе на участке осушения – 870,0	После дезинфекции допускается использование при засыпке котлованов и выемок, на территориях создания зеленых зон с подсыпкой слоя чистых почво-грунтов не менее 0,2 м с поверхности
III	Бактериологическое загрязнение отсутствует. Химическое загрязнение на уровне « <b>опасного</b> » - Zс >32; токсичность грунтов 3.  Грунты легкосуглинистые, рН слабощелочная	280,0	Использование под отсыпку котлованов, выемок при строительных работах и благоустройстве, на территориях озеленения с перекрытием слоем почв не менее 0,5 м с поверхности
IV	Бактериологическое загрязнение (гельминты, кишечная палочка, широкий лентец) соответствует уровню « <b>опасное</b> », индекс БГКП>100.	120,0	Вывоз и утилизация на спецполигонах или захоронение после обязательной дезинфекции

	Химическое загрязнение на уровне « <b>опасного</b> » по суммарной нагрузке – $Z_c > 32$ ; токсичность грунтов 3. Грунты супесчаные, pH слабощелочная		
--	---	--	--

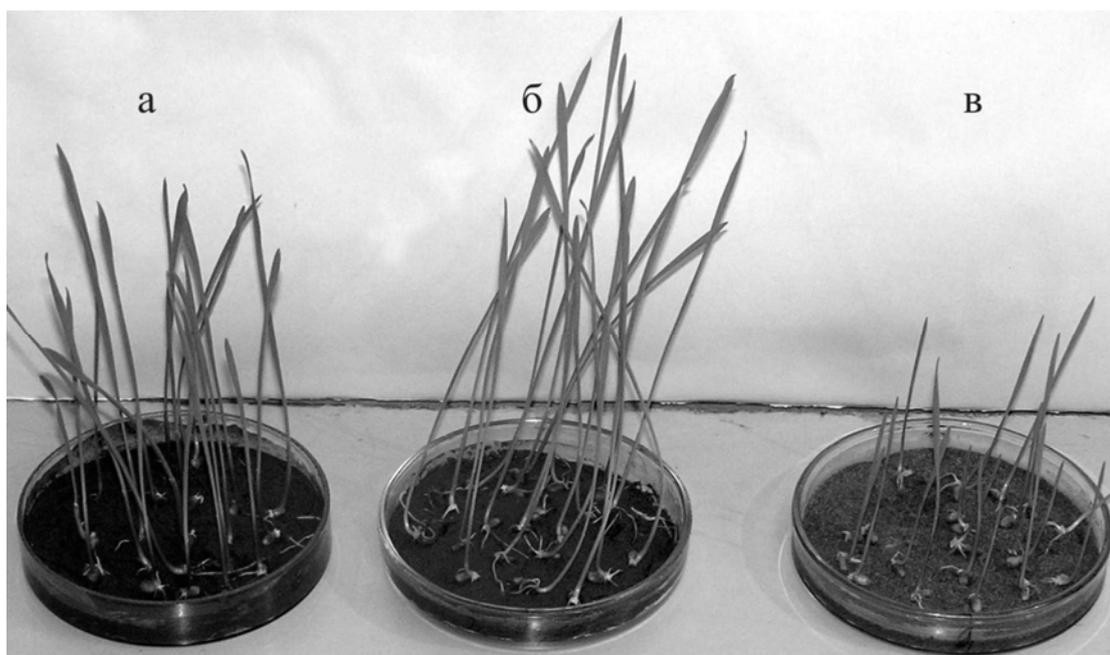


Рис. 3. Морфологические показатели растений в опытах: а – на токсичном иловом субстрате; б – на относительно чистых илах; в – контроль

Вместе с тем агрохимические анализы этих отложений, выполненные в Лаборатории ботаники и экологии почв Естественнонаучного института при Пермском университете, показали, что, несмотря на полученный в опытах с травосмесями эффект, субстрат имеет крайне низкую обеспеченность элементами питания растений:  $P_2O_5$  в пределах 18-30;  $K_2O$  – 15-95 мг/кг почвы; реакция водных растворов щелочная – pH 7,6-8,0; содержание органического вещества менее 1 %, физической глины – 3-7 %. Данные характеристики не дают оснований рассматривать грунты как перспективные для агрохозяйственных целей. Наиболее целесообразным видом их использования представляется создание в границах этой зоны после ее осушения насаждений водоохранно-защитного и рекреационного назначения.

**В зоне II** имеет место бактериологическое и химическое загрязнение донных отложений. Оцененные в совокупности оба вида загрязнения соответствуют уровню «умеренно опасное» (табл.2), поэтому экологическое состояние данного ареала в соответствии с оценочными критериями может

рассматриваться как относительно удовлетворительное [4]. Грунты с умеренно опасным загрязнением характеризуются средней токсичностью, обусловленной повышенным (до 2 ПДК) содержанием тяжелых металлов и превышением нормативов по показателю индекса БГКП (в интервале 10-100). Общий объем отложений в зоне II достигает 2500,0 тыс.м<sup>3</sup>. Практически вся эта масса требует изъятия и утилизации в ходе работ по реконструкции водохранилища, приведения его чаши, остающейся после сброса вод до планируемого уровня, в соответствие с действующими нормативами [6].

Согласно санитарно-гигиеническим требованиям рассматриваемые грунты не могут использоваться для агрохозяйственных целей, но вполне пригодны для создания корнеобитаемого слоя при формировании насаждений в зеленых зонах пригородных территорий. Для устранения нежелательных экологических последствий, во избежание пыления, при использовании данных грунтов требуется перекрытие их с поверхности слоем чистых плодородных почв или потенциально плодородных грунтов мощностью не менее 0,2 м [5]. Нормативы предусматривают возможность использования донных отложений с такими характеристиками после предварительной дезинфекции для засыпки котлованов и выемок в границах горнодобывающих объектов и на промышленных территориях.

*Зона III* выделяется в границах изучаемого объекта отсутствием бактериологического загрязнения, но имеет высокий уровень химической нагрузки, в связи с чем донные отложения не могут использоваться для агрохозяйственных целей. Показатель суммарного загрязнения достигает здесь значений ( $Z_c > 32$ ), соответствующих градации «опасный уровень загрязнения» [5]. В связи с насыщенностью илов тяжелыми металлами I класса экологической опасности высока токсичность грунтов – индекс токсичности достигает 3 единиц. Согласно санитарно-гигиеническим нормативам данные отложения могут использоваться в промышленных целях для засыпки котлованов, выемок при строительных работах и благоустройстве. Весьма ограничено допускается использование грунтов на территориях городского озеленения с перекрытием их слоем почв мощностью не менее 0,5 м с поверхности [5].

Наиболее неблагоприятна экологическая ситуация *в зоне IV*. Оба вида загрязнения – химическое и микробиологическое – соответствуют здесь уровню «опасное». Повышенная опасность загрязнения является следствием высокого содержания в донных отложениях химических элементов I класса экологической опасности – цинка, свинца, кадмия – свыше 10 ПДК, значение показателя  $Z_c$  достигает 72 единиц. На фоне химического загрязнения высок уровень санитарно-эпидемиологического неблагополучия. Здесь выявлено наличие кишечной палочки, широкого лентеца, гельминтов. Нормативно предусмотренные мероприятия для таких условий ограничивают хозяйственное использование грунтов обязательной дезинфекцией загрязненного слоя с последующим вывозом и захоронением на специально предназначенных для этих целей полигонах.

Таким образом, оценка сложившейся экологической ситуации в границах водохранилища требует дифференцированного подхода к мероприятиям по благоустройству обнажающейся поверхности. Выявленное загрязнение и низкий потенциал плодородия исключают возможность использования большей части иловых масс для повышения продуктивности сельхозугодий. Относительно пригодны для этой цели только донные отложения верхней части водохранилища, характеризующиеся отсутствием загрязнения, легким механическим составом и слабощелочной реакцией среды. Они могут быть использованы для улучшения структуры и снижения кислотности тяжелых глинистых кислых почв. Однако очистка ложа от донных отложений в этой части водохранилища нежелательна. Природоохранные мероприятия должны ориентироваться на стабилизацию экологической ситуации путем биологической рекультивации, предусматривающей закрепление поверхности обнажающихся донных отложений быстро растущими, устойчивыми к избытку влаги растительными ассоциациями. На остальной территории необходима очистка ложа водохранилища от донных отложений в связи с их неудовлетворительным санитарно-гигиеническим состоянием. После чего целесообразна рекультивация осушаемой площади, ориентированная на создание зеленой зоны санитарно-защитного назначения с частичным рекреационным использованием.

### **Библиографический список**

1. *Алексеев В.А.* Экологическая геохимия / В.А. Алексеев. М., 2000.
2. *ГОСТ 17.1.5.02-80.* Охрана природы. Гигиенические требования к зонам рекреации водных объектов.
3. *ГОСТ 17.5.1.03-86.* Охрана природы. Классификация вскрышных и вмещающих пород для биологической рекультивации земель. М., 1988.
4. *Критерии* оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. Утв. ГКНТ Минприроды 30.11.1992. М., 1992.
5. *СанПиН 2.1.7.1287-03.* Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. Утв. 16.04.2003. С дополнениями от 25.04.2007.
6. *СанПиН 3907-85.* Санитарные правила проектирования, строительства и эксплуатации водохранилищ. Утв. 01.07.1985. М., 1986.
7. *Эдельштейн К.К.* Водоохранилища России: экологические проблемы, пути их решения / К.К. Эдельштейн. М., 1998.

