

**АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ПУТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ЭВТРОФИРОВАННЫХ ВОДОЕМОВ  
АНТРОПОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ**

**Л.И. Законнова<sup>1</sup>, И. В. Никишкин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> КузГТУ, филиал КузГТУ в г. Белово

<sup>2</sup> ООО «Беловское рыбное хозяйство»

Глобальные достижения цивилизации в той или иной мере обусловлены антропогенными экологическими кризисами и последовавшими за ними технологическими революциями, завершившими фазу исключительно биологического существования вида *Homo sapiens*.

Первая и вторая сельскохозяйственные (биотехнологические) революции, приведшие к интенсивному ведению агрокультуры, были обусловлены кризисами редуцентов и консументов. Интенсивное ведение агрокультуры, потребовавшее от человечества инновационных орудий труда и минеральных ресурсов, спровоцировало промышленную революцию, которая переросла в научно-техническую.

Современный кризис редуцентов, как результат нерационального использования достижений научно-технической революции, сопровождающийся внедрением в окружающую среду громадного количества ксенобиотиков, угрожает катастрофическими последствиями биосферного масштаба. В связи с этим построение прогнозных моделей рационального использования как глобальной, так и локальных экосистем как никогда актуальны.

Особый интерес в этом плане вызывают антропогенные экосистемы: урбабиогеоценозы, агроценозы, гидроэкоценозы, сформированные в результате деятельности угледобывающих, энергетических и других предприятий. Ведущей проблемой искусственных экосистем является поддержание в них экологического равновесия, что весьма затруднено разрушением естественных биогеоценозов: уменьшение биоразнообразия, укорочение трофических цепей нарушает сложившиеся процессы биогенной миграции вещества и энергии, что приводит к нестабильности и деградации как отдельных элементов, так и экосистемы в целом.

Среднесрочные перспективы отработанных и эксплуатируемых технологических водоемов можно рассматривать в двух аспектах: деградация и процессы неконтролируемой сукцессии, либо формирование устойчивой гидроэкосистемы, удовлетворяющей закону Эшби, что позволит использовать этот водоем после вывода его из эксплуатации предприятием отрасли, как минимум, в рекреационных, а как максимум – в сельскохозяйственных целях.

Перспективы каждого техногенного водоема следует оценивать индивидуально, по результатам мониторинга состояния гидробиогеоценоза

наиболее приемлемыми методами. Современные средства мониторинга обеспечивает применение дистанционных методов взамен дорогостоящих прямых замеров, что позволяет точнее и динамичнее прогнозировать развитие водных экосистем, как природного, так и антропогенного происхождения [3; 5; 6; 15-18]. Вместе с тем в исследовании экологических проблем небольших техногенных водоемов угледобывающих и углеперерабатывающих регионов по-прежнему актуальны методы прямого мониторинга и экспериментальной апробации методов их очистки.

В настоящей работе представлены разработанные авторами принципы эксплуатации водоемов техногенного происхождения, сформированных в результате деятельности угледобывающих и энергетических предприятий, которые могут стать базовыми при разработке моделей рационального использования отработанных вод и земель угледобывающих регионов.

1. Максимальная экологичность процессов эксплуатации предприятием отрасли, позволяющая сохранить природное разнообразие.
2. Разумные технологические (биотехнологические) ограничения при эксплуатации водоема.
3. Возможность альтернативного использования водоема после вывода его из эксплуатации предприятием отрасли.
4. Приоритет биологических способов очистки.
5. Прогнозирование и регулирование экологических последствий интродукции чужеродных объектов ихтиофауны.

Для оценки возможности реализации разработанных принципов в качестве модельных объектов были выбраны два типа водоемов: малый непроточный водоем, не имеющий физических контактов с гидроэкосистемой региона и крупный водоем, являющийся частью гидроэкосистемы и сформированный в результате зарегулирования стока реки. Такими водоемами стали: водоем-охладитель Беловской ГРЭС (Беловское море) и озеро Толсточи́ха - затопленный угольный разрез.

**Озеро Толсточи́ха.** Координаты водоема 54.283635, 86.004803. Водоем образован в результате затопления отработанного карьера Его размеры - 778x378x72 м.

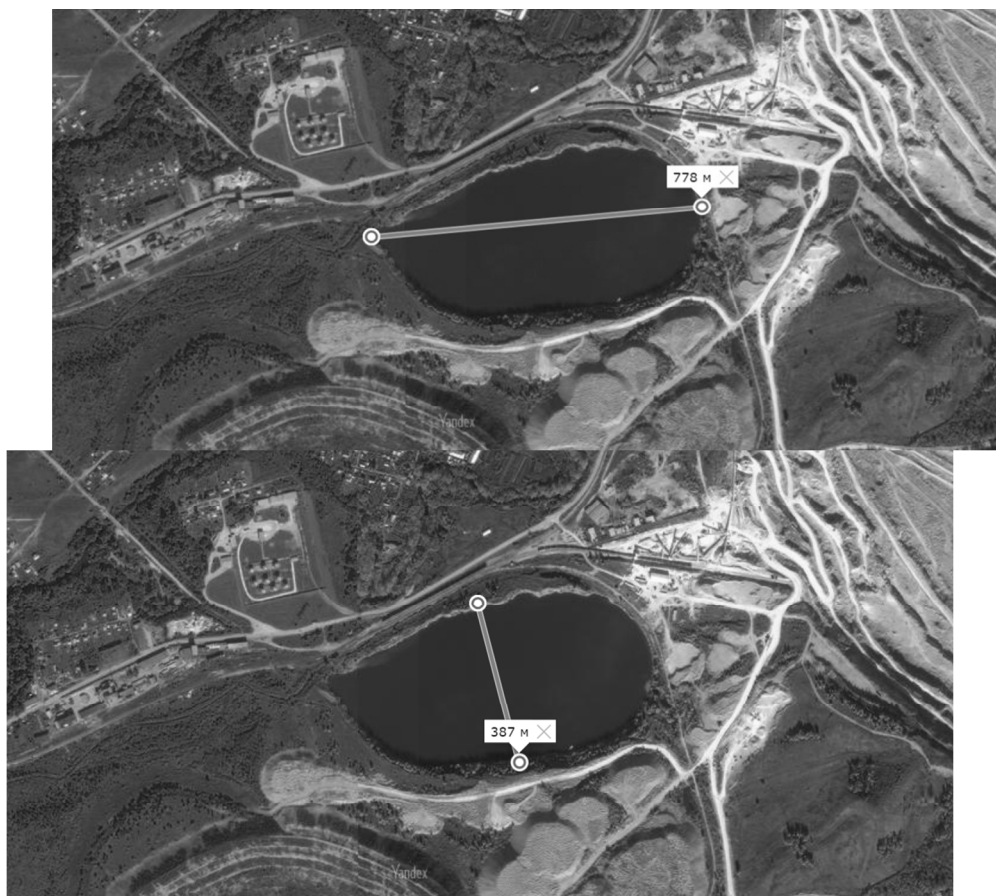


Рисунок 1 – Озеро Толсточи́ха

Возраст озера ориентировочно 30 лет, под водой находится затопленная железная дорога. До недавнего времени использовался в рекреационных целях (рыбалка, купание и т.д.). В 2016 году купание и рыбалка были запрещены. Гидрохимический анализ проб воды, отобранных нами в прибрежной зоне, выявил высокое содержание гумусовых кислот, характерных для заболоченных водоемов. Гидробиологический анализ показал наличие типичных для водоемов в начальной стадии эвтрофикации представителей: циклоп, дафния, босмина, инфузория сувойка. Все это позволило сделать предварительный вывод о начинающихся в водоеме процессах эвтрофикации, поэтому запрет на использование озера Толсточи́ха в рекреационных целях вполне оправдан. Малые размеры водоема не дают возможности использования его и в сельском хозяйстве, например, для интенсивного ведения аквакультуры. Вызывает сомнение возможность формирования более или менее устойчивого биоценоза путем искусственной интродукции гидробионтов.

Таким образом, большинство малых локальных непроточных техногенных водоемов мало пригодны для повторной эксплуатации, поэтому проведение рекультивационных мероприятий в случае таких водоемов в основном нерентабельно и нецелесообразно. В зависимости от расположе-

ния таких водоемов, отдельно для каждого, следует рассмотреть возможность осушения с целью борьбы с гнусом, неизбежно появляющимся в эвтрофных водоемах.

**Водоем-охладитель Беловской ГРЭС**, входит в состав Обского бассейна, создан путем зарегулирования стока реки Иня в 1964 году, работает по оборотной системе водоснабжения, Проектная площадь водохранилища – 1300 га, в настоящее время – 1430 га, объем воды составляет  $47,9 \times 10^6$  куб.м. В водохранилище обитают 17 туводных и 7 интродуцированных видов рыб, вселенных за время существования водохранилища: сазан (каarp), белый амур, белый толстолобик, пестрый толстолобик (и их гибриды), канальный сом, черный и большеротый буффало. Все выше перечисленные виды интродуцентов попали в водохранилище из Беловского тепловодного рыбного хозяйства (ООО «Беловское рыбное хозяйство»). Отмечены единичные случаи вылова экзотических рыб, попадающих в водоем в результате несанкционированного зарыбления аквариумистами-любителями.

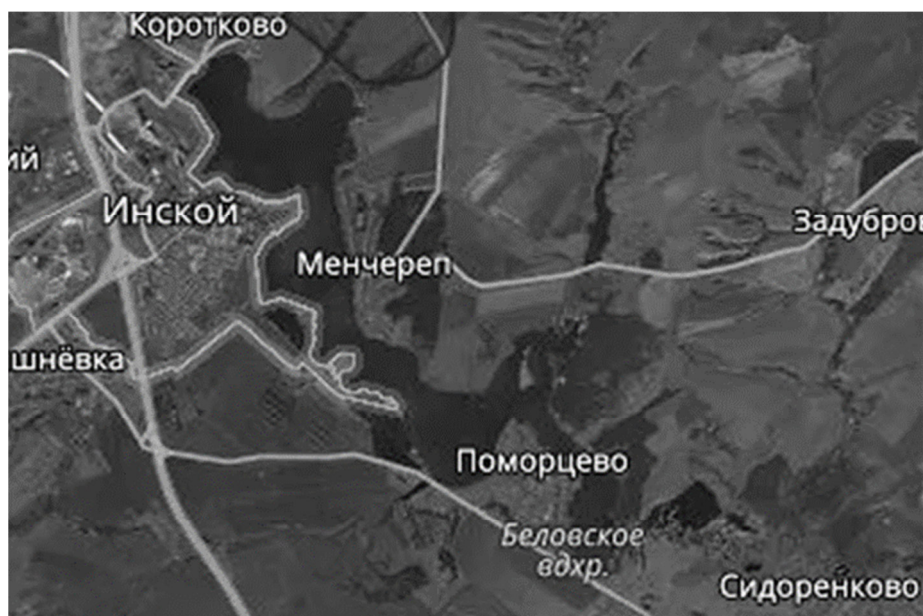


Рисунок 2– водоем-охладитель Беловской ГРЭС

На начальной стадии эксплуатации антропогенная нагрузка на водоем была, в основном, обусловлена технологическими сбросами Беловской ГРЭС. В последующие годы, в связи с расширениями функций водоема, выделилось три группы загрязнителей.

1. Технологические, обусловленные работой Беловской ГРЭС, угольными предприятиями и сельхозугодьями: выбросы Беловской ГРЭС: тепло, нефтепродукты, щелочь при чистке котлов, использование химических реагентов; сбросы в реку Иня и ее притоки подземных вод разрезами Пермьковский, Задубровский, Виноградовский, Караканский, Евтинский соединений тяжелых металлов, фенолов и др. (не исключены сбросы в подземные водоносные горизонты); смывы органики с полей поселков

Менчереп, Коротково, Поморцево. В первом и втором случае эффективной мерой снижения загрязнения может стать внедрение современных методов очистки сточных вод.

2. Рыбоводная нагрузка на водоем, обусловленная как свободно живущими в водоеме представителями ихтиофауны, так и объектами аквакультуры. Беловское рыбное хозяйство следует признать благополучным в эпидемиологическом отношении. Благодаря неукоснительному соблюдению санитарно-эпидемиологических норм и своевременным профилактическим мероприятиям за весь период работы на рыбхозе не было зарегистрировано ни одного случая заболевания рыб вирусными заболеваниями.

Основные загрязнители – фекалии рыб, непереваренные остатки рыбных комбикормов приводящие к заиливанию дна в акватории рыбхоза. Меры снижения загрязнения: использование качественных кормов с низкими кормовыми коэффициентами, совершенствование технологии ведения аквакультуры.

3. Жилищно-коммунальные и рекреационные. На берегу водохранилища расположены многочисленные пансионаты, базы отдыха, пгт. Инской, очистные сооружения которого расположены вблизи водоохраной зоны. Меры снижения загрязнения: устранения свалок ТБО в акватории водохранилища, внедрение современных технологий очистки бытовых сточных вод.

Исследованиями ряда ученых, в том числе – В.В. Кириллова и соавторов позволили оценить уровень продукционно-деструкционных процессов в водохранилище-охладителе Беловской ГРЭС, дать оценку современного состояния зообентоса и зооперифитона и высшей водной растительности водоема и сравнить полученные данные с результатами других авторов [2; 4; 7; 10; 12; 13]. В результате высокой антропогенной нагрузки произошла эвтрофикация водоема, и в связи с этим возникла опасность, что детрит, оседая на конденсаторных трубках ГРЭС, снизит степень охлаждения воды.

Нами были исследованы два подхода к проблеме снижения эвтрофикации водоема: технологический и экологический. Принимая во внимание, что по данным Валентина Александровича Смирнова и соавторов, индекс видового разнообразия Беловского водохранилища достигает 3,2-3,5, применение гербицидов (технологический подход) может привести к гибели многих видов гидробионтов и деградации водоема. Поэтому борьбу с дальнейшим эвтрофированием водоема проводили мягкими экологическими методами, среди которых – использование для борьбы с планктоном и высшей водной растительностью растительноядных рыб – толстолобика и белого амура согласно разработанному рыбоводно-биологическому основанию. В результате проведенных за последние 20 лет мероприятий эвтрофикация во-

доема приостановлена. Таким образом, сформулированные нами принципы максимальной экологичности процессов эксплуатации и применения мягких биологических способов очистки нашли свое практическое применение.

В процессе решения проблемы эвтрофикации применили способ очистки водоема при помощи рыб мелиораторов – толстолобика и белого амура. Оба эти вида не являются эндемиками. Поэтому существовала опасность негативных последствий интродукции в водохранилище рыб-вселенцев: чужеродные виды рыб, встраиваясь в гидробиоценозы, могут конкурировать с аборигенными формами, тем самым меняя структуру экосистемы в целом. И тогда запланированный положительный эффект вселения может быть нивелирован отрицательным воздействием сопутствующих данной интродукции факторов. В экологически неблагополучных регионах, например, в Кузбассе, водоемы которого являются частью Обского бассейна, такой синергический эффект может повлиять на экологическое состояние региона в целом.

В рамках реализации принципа прогнозирования и регулирования экологических последствий интродукции чужеродных объектов ихтиофауны, авторами предложен новый подход к созданию модели изменчивости гидроэкосистемы Обского бассейна после антропогенной интродукции рыб-мелиораторов и других чужеродных объектов аквакультуры, которая позволит разработать механизмы поддержания экологического равновесия в водоемах и скоординировать работу рыбоводных и рыбодобывающих предприятий, служб экологического мониторинга и других учреждений.

Установлено, что вселяемые рыбы, в связи с особенностью их питания, не являются пищевыми конкурентами аборигенным видам. Выращивание их в водоеме не снизит продукцию местных видов рыб. В связи с особенностями воспроизводства, случайный уход толстолобика в речную систему не приведет к натурализации вида и спонтанному увеличению численности за счет естественного воспроизводства.

И, наконец, в принципы разумного биотехнологического ограничения при эксплуатации водоема и возможности альтернативного использования водоема нашли свое применение в процессе развития тепловодной аквакультуры с использованием сбросных теплых вод. Одной из мер сохранения биоразнообразия рыб в естественных водоемах может стать расширенное производство рыбной продукции интенсивными методами в условиях промышленных рыбоводных предприятий. Объектами рыборазведения могут стать как аборигенные виды, так и интродуцированные виды и породы одомашненных форм рыб, такие как, например, карп *Cyprinus carpio carpio*, прошедшие успешные породоиспытания в новых условиях.

С этой проблемой успешно справляется ООО «Беловское рыбное хозяйство», относящееся к рыбным хозяйствам индустриального типа, по температурному режиму – к группе тепловодных хозяйств. Максимальная про-

изводительность – 1000 тонн товарной рыбы в год. В настоящее время ООО «Беловское рыбное хозяйство» специализируется на разведении и выращивании карпа, белого и пестрого толстолобика, белого амура, канального сомика, форели. Из привозного посадочного материала выращивают товарных осетровых. Рыбопосадочный материал поступает из Краснодарского края, Московской, Ростовской областей.

Таким образом, приведенный пример доказывает, что принципы эксплуатации водоемов техногенного происхождения, сформированных в результате деятельности угледобывающих и энергетических предприятий, вполне могут быть успешно реализованы для сохранения биологического разнообразия в крупных техногенных водоемах.

### Список литературы

1. Akiyama A. (1970): Acute toxicity of two organic mercury compounds to the teleost, *Oryzias latipes*, in different stages of development. Bull. Jap. Soc. scient. Fish, 36, 563—570.
2. Bronson C.H. Apple Snails // Technical Bulletin. – 2002. - № 3. – P. 2-4.
3. Bukata R.P., Jerome, J.H., Kondratyev, K.Ya., Pozdnyakov, D.V. Optical Properties and Remote Sensing of Inland and Coastal Waters. Boca Raton, Florida: CRC Press, Inc.; 1995: 362.
4. Cazzaniga N.J. Old species and new concepts in the taxonomy of Pomacea (Gastropoda: Ampullariidae) // Biocell. – 2002. - № 26. – P. 71-81.
5. Collin, A., Hench, J.L. Towards deeper measurements of tropical reefscape structure using the WorldView-2 spaceborne sensor. Remote Sensing. 2012; 4(12):1425-1447.
6. Deidda M., Sanna G. Bathymetric extraction using WorldView-2 high resolution images. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XXXIX-B8. Proceedings of the XXII ISPRS Congress. Melbourne, Australia. 2012: 153-157 DOI: 10.5194/isprsarchives-XXXIX-B8-153-2012
7. Estebenet A.L., Martin P.R. Pomacea canaliculata (Gastropoda: Ampullariidae): Life-history: Traits and their Plasticity. – Biocell. – 2002. – 26(1). – P. 83-89.
8. Gordon H.R., McCunley W.R. Estimation of the Depth of Sunlight Penetration in the Sea for Remote Sensing. Applied Optics. 1975; 14(2):413-416.
9. Hazel C. R. & Meith S. J. (1969): Effects of copper on king salmon eggs and sac fry. Water Proj. Branch. Lab. Rep. July 16, 1—8.
10. Hutorowicz A., Hutorowicz J. Seasonal development of *Vallisneria spiralis* L. in a heated lake. – Ecological Questions. – 2008. – 9. – P. 79-86.

- 11.Kanno A., Koibuchi Y., Isobe M. Statistical Combination of Spatial Interpolation and Multispectral Remote Sensing for Shallow Water Bathymetry. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*. 2011; 8(1):64-67.
- 12.Korschgen C., Green W. American wildcelery (*Vallisneria americana*): Ecological considerations for restoration. – U.S. Fish and Wildlife Service, Fish and Wildlife Technical. – 1988. – 19. – 24 pp.
- 13.Matsukura K., Tsumuki H., Izumi Y., Wada T. Physiological response to low temperature in the freshwater apple snail, *Pomacea canaliculata* (Gastropoda: Ampullariidae). – *J. Exp. Biol.* – 2009. – 212. – P. 2558-256
- 14.McKim. J. M. & Benoit, D. A. (1971): Effects of long-term exposures to copper on survival, growth and reproduction of brook trout (*Salvelinus fontinalis*). *J. Fish. Res. Board Can.* 28, 655—662.
- 15.Minghelli-Roman A., Goreac A., Mathieu, S., Spigai, M., Gouton, P. Comparison of Bathymetric Estimation Using Different Satellite Images in Coastal Sea Waters. *International Journal of Remote Sensing*. 2009; 30(1-2):5737-5750.
- 16.Nedham H., Dhabhi A., Hartman K., Mimpriss G. Peering Beneath the Surface. Available at: <http://eijournal.com/print/articles/peering-beneath-the-surface#sthash.YS3wlKrJ.dpuf>
- 17.Sathyendranath S. Remote sensing of ocean colour in coastal, and other optically-complex, waters. IOCCG Report Number 3. Dartmouth, Canada: MacNab Print; 2000; (3):140.
- 18.Uma Maheswari R. Mapping the Under Water Habitat Related to their Bathymetry using Worldview-2 (wv-2) Coastal, Yellow, Rededge, Nir-2 Satellite Imagery in Gulf of Mannar to Conserve the Marine Resource. *International Journal of Marine Science*. 2013; 3(11): 91-97 DOI: 10.5376/ijms.2013.03.0011