

В листьях некоторых видов содержатся салидрозид, флавоноиды, дубильные вещества. Из флавоноидов преобладают производные лютеолина, обладающие противовирусным действием. В медицинской практике используют листья ивы остролистной (*Salix acutifolia* Willd.) для получения лютеолина-стандарта и лютеолин-7-глюкозида-стандарта¹. Известно, что количественное содержание БАВ (биологически активных веществ) в коре и листьях ивы может меняться в различные фазы вегетации и зависит от условий их произрастания [4].

Быстрорастущие древесные культуры семейства Ивовые (*Salicaceae*) получают большое распространение на плантациях Мира. В Европе и США они используются на энергетические цели, а также находят применение и в качестве строительных материалов, медоносов, мелиорантов, для проведения фитореабилитации загрязненных и нарушенных территорий и т.д. Внедрение энергетических плантаций на основе быстрорастущих древесных культур позволяет снизить нагрузку на окружающую среду, в том числе внести вклад в решение одной из ключевых экологических проблем – борьбе с изменением климата.

Заключение. Таким образом, результаты наших исследований позволяют сделать следующие выводы:

– Природные растительные соединения, несмотря на активное производство синтетических материалов являются перспективным сырьем для различных отраслей экономики, что определяется не только экологическими, но и экономическими и технологическими причинами. В частности природные танины имеют ряд преимуществ при использовании их для производства препаратов для борьбы с ржавчиной;

– Перспективным источником танинов в наших условиях являются растения ивы. Это обуславливается значительным содержанием танинов в биомассе ивы и высокой продуктивностью культуры, прежде всего на короткоцикловых плантациях;

– Представленный в статье обзор экологических и биологических особенностей разных видов ивы доказывают высокую пластичность культуры. Это значит, что биомассу ивы и следовательно танины и другие полезные соединения можно получать в широком ареале, в различных экологических условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Википедия – свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступ: <https://ru.wikipedia.org>. – Дата доступа: 15.02.2023.
2. Исламбеков, Ш.Ю. Растительные дубильные вещества / Ш.Ю. Исламбеков, С.М. Каримджанов, А.К. Мавлянов // Химия природных соединений. – 1990. – № 3. – С. 293–307.
3. Копица, В. Н. Вредители промышленных энергетических плантаций быстрорастущей ивы в условиях Республики Беларусь / В. Н. Копица, О. И. Родькин, О. А. Шкутник. – Минск, журнал Экологический вестник. – № 7. – 2020.
4. Правдин, Л. Ф. Ива, ее культура и использование / Л. Ф. Правдин. – М.: Москва-Логас. – 1952. – 384 с.
5. Родькин, О. И. Производство возобновляемого биотоплива в аграрных ландшафтах: экологические и технологические аспекты: монография / О. И. Родькин. – Минск : МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2011. – 22 с.

ОБЪЕКТИВНЫЕ И СУБЪЕКТИВНЫЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВОДЫ В ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДОЁМАХ OBJECTIVE AND SUBJECTIVE ASPECTS OF WATER QUALITY ESTIMATION IN SURFACE WATER BODIES

Б. В. Адамович¹, Г. Бабаян²
B. V. Adamovich¹, G. Babayan²

¹Белорусский государственный университет, г.Минск, Беларусь,
belqualab@gmail.com
Belarusian State University, Minsk, Belarus

²Центр эколого-ноосферных исследований НАН РА, Ереван, Армения
Center for Ecological-Noosphere Studies NAS, Yerevan, Armenia
gayane.babayan@cens.am

На примере Нарочанских озер (Беларусь) проведены исследования по оценке качества воды для водоемов Беларуси, учитывающей заинтересованность различных пользователей. Анализ многолетних изменений качества воды, показывает, что в последний 15-летний период качество воды является наиболее приемлемым с точки зрения критериев, обозначенных группой экспертов. Это период может рассматриваться как «эталонный» (reference state). Отмечено, что качество воды более широкое понятие, чем трофический статус, и должно учитывать особенности водопользования в каждом озере и приоритеты развития его экосистемы.

The water quality of the Naroch Lakes (Belarus) is assessed. The assessment is the example, taking into account the interest of various users. An analysis of long-term changes of water quality shows that the last 15-year

period is the most acceptable in terms of criteria identified by a group of experts. This period can be considered as a «reference» state. It is noted that water quality is a broader concept than trophic state, and should take into account the characteristics of water use and the development of the ecosystem.

Ключевые слова: качество воды, водные экосистемы, трофический статус.

Keywords: water quality, aquatic ecosystems, trophic status.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2023-2-125-128>

«Качество воды» (water quality, WQ) – это термин, который широко используется в многочисленных научных публикациях и нормативных документах. Смысл установления значений экологического норматива качества поверхностных вод заключается в обосновании обязательного уровня качества воды для конкретных водных объектов. Такой уровень должен соответствовать составу и свойствам воды в водных объектах при оптимальных условиях функционирования их экосистем и характеризоваться определенными значениями гидрофизических, гидрохимических, гидробиологических и бактериологических показателей, а также содержанием в ней приоритетных веществ токсического и радиационного действия. Таким образом, норматив качества воды – это научно обоснованные значения экологических показателей, которые отражают состояние, присущее естественным водным объектам (фоновое, первичное) или же типичное экологическое состояние, присущее искусственно созданным и сильно преобразованным естественным водным объектам (каналы, водохранилища). Принятые нормативы определяют цели водоохранной деятельности по улучшению или сохранению экологического благополучия в водных объектах. Но представление о качестве воды может быть достаточно спорным. Так, для администрации промышленных и сельскохозяйственных предприятий определяющее значение имеет количество загрязняющих выбросов, с которыми водоем может «справиться», поскольку мероприятия по очистке воды достаточно затратны. Для рыбной промышленности необходимо такое качество воды, при котором будет получена наибольшее количество рыбопродукции, то есть водоем должен характеризоваться отсутствием ядовитых соединений и содержать оптимальное для рыбоводства количество питательных веществ. Питьевая вода должна быть безопасна для человека и иметь хорошие органолептические свойства. Любители природы предпочли бы качество воды, соответствующее естественному (природному) состоянию водоема. Для подобных случаев установление индексов качества воды позволит достичь компромисса при разработке стратегии использования водного объекта.

На примере озер Нарочанской группы (рис.1.) были проведены исследования по оценке качества воды (т. е. создание системы показателей качества воды и их допустимых диапазонов), учитывающей заинтересованность различных пользователей.

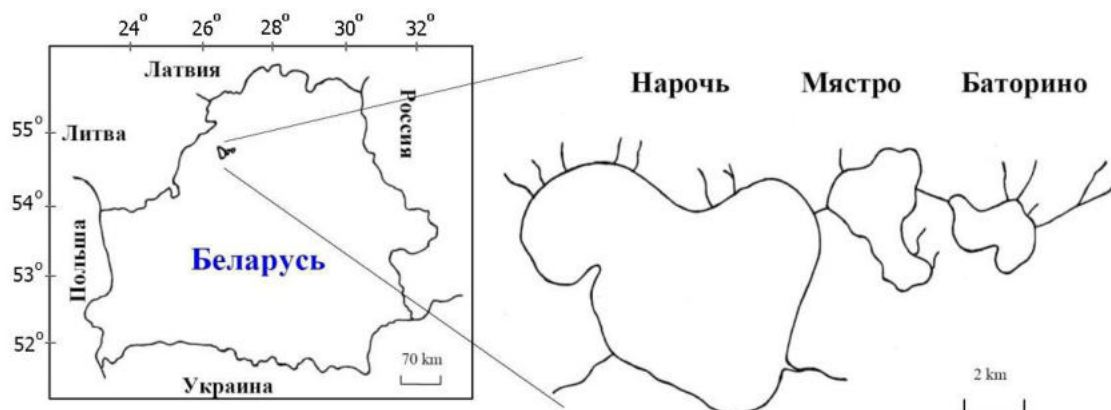
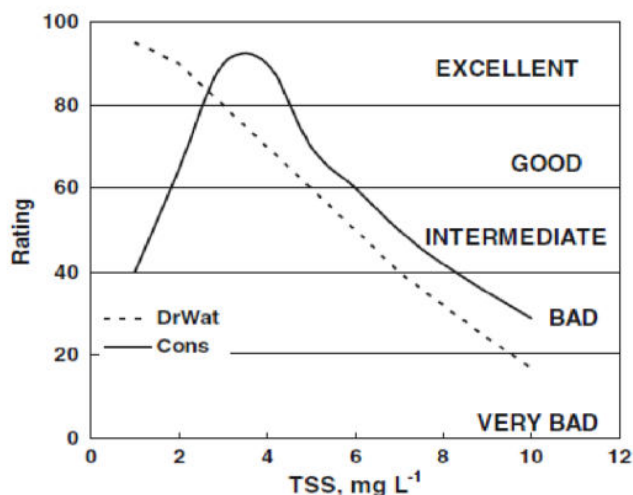


Рисунок 1 – Расположение Нарочанских озер

Мы применили принцип, основанный на количественных модификациях метода экспертной панели и подробно описанный в отношении оз. Киннерет, Израиль [1, 2]. В рамках этого подхода, соотношение между экологическими показателями (например, концентрацией питательных веществ или прозрачностью по диску Секки) и некоторым числовым значением рейтинга ($0 < R < 100$) было установлено в форме кривой рейтинга (рис. 2).

Нами предложена панель экспертов для Нарочанских озер, состоящая из 9-ти специалистов. Эксперты принадлежат к различным специальностям, но обладают хорошими знаниями о данной экосистеме, а также имеют непосредственное отношение к Нарочанскому региону. Основной областью деятельности 3-х экспертов является гидроэкология, 2-х – управление особо охраняемыми природными территориями, 2-х – рыбное хозяйство, одного – водные ресурсы и одного – мониторинг окружающей среды. Большинство из них в настоящее время входит в научно-технический совет ГПУ НП «Нарочанский». Экспертами были отобраны следующие показатели: общий фосфор, общий азот, хлорофилл, прозрачность по диску Секки, биомасса фитопланктона, процент цианобактерий в биомассе, содержание кислорода у дна, площадь покрытия воздушно-водными макрофитами. Выбраны приоритеты использования ресурсов и развития экосистем озер и построены рейтинговые кривые для каждого из выбранных

показателей по каждому из модельных озер. Каждому значению показателя эксперты присвоили индекс качества (R): $100 \geq R \geq 80$ – отлично, $80 > R \geq 60$ – хорошо, $60 > R \geq 40$ – удовлетворительно, $40 > R \geq 20$ – плохо, $20 > R \geq 10$ – очень плохо. Для анализа динамики и современного состояния качества воды в соответствии с предложенным подходом использованы данные полевых наблюдений. Расчет индекса по каждому показателю (R_n) проводили по методике, предложенной для оз. Кинерет [4]. Расчет индекса по указанной методике осуществляется путем аппроксимации кривой индекса двумя линиями линейной регрессии. Индекс качества воды для каждого из озер (NWQI – Naroch water quality index) рассчитан как среднее рейтингов для отдельных показателей R_n .



Здесь: общее количество взвешенных веществ (TSS) для различных видов использования воды: сохранение экосистемы (Cons) и снабжение питьевой водой (DrWat), созданная группой экспертов для оз. Кинерет. Приемлемый WQ соответствует $60 < R < 100$ (от «ХОРОШО (GOOD)» до «ОТЛИЧНО» (EXCELLENT)).

Рисунок 2 – Формы рейтинговых кривых, связывающих количественное значение качества воды (Rating) со значением индекса качества воды (Из: [3])

Для установления рейтинговых значений выбранных показателей мы использовали два подхода:

- 1) значения показателей, характеризующих оптимальное состояние качества воды, были выбраны экспертами;
- 2) использованы значения показателей в период оптимального (референсного) состояния.

В качестве референсного состояния мы использовали период 2000–2010 гг. Этот период выбран большинством экспертов. Такой выбор обусловлен рядом причин. С начала 1980-х гг. отчетливо выражено снижение трофности всех трех озер, что делает проблематичным использование периода в этот временной интервал в качестве референсного, так как это состояние, очевидно, является переходным. За период с 1947 по 1978 гг., к сожалению, мы не располагаем данными по ряду показателей, выбранных экспертами. Имеющиеся данные за этот период являются отрывочными и не позволяют объективно рассчитать индексы качества воды. Показатели в выбранный нами период с 2000 по 2010 гг. являются относительно устойчивыми на протяжении длительного времени, а их величины, по большей части, согласуются с экспертными оценками «хорошего» качества воды.

Сравнение двух вариантов индексов (Mann-Whitney U-test) показывает, что ни в одном из озер нет отличия между двумя вариантами. Сравнение индексов качества воды между озерами показывает, что только озера Нарочь и Мясро отличаются между собой ($p = 0.032$) по индексу, рассчитанному в соответствии с критериями референсного состояния.

Для всех трех модельных озер качество воды существенно улучшилось в сходных временной интервал – с середины 1980-х по первую половину 1990-х гг. В целом, наиболее благополучная картина характерна для оз. Нарочь, где NWQI до начала 1990-х гг. был в районе 60 баллов, и потом значительно вырос и в последние 20 лет был выше 60-балльной границы. В оз. Мясро и Баторино с конца 1970-х по конец 1980-х гг. средние за сезон показатели были ниже 50 баллов и в отдельные месяцы указывали даже на «плохое» качество воды, но в последний 20-летний период среднесезонные значения NWQI в этих озерах всегда были выше 60 баллов. При этом значения NWQI в отдельные месяцы могут выпадать из области оптимальных значений и указывать на кратковременное снижение качества воды.

В целом, анализ многолетних изменений качества воды, показывает, что в последний 15-летний период, как качество воды, так и стабильность показателей его определяющих являются наиболее приемлемыми с точки зрения критериев, обозначенных группой экспертов. Это период может рассматриваться как «эталонный» (reference state).

Трофический статус является ключевой характеристикой состояния озерной экосистемы и часто рассматривается как аналог показателя качества воды. Однако, такой подход не учитывает относительности понятия качества воды в соответствии с потребностями разных водопользователей. Вопрос связи трофического статуса

и качества воды, оцененного по предложенной методики, без сомнения, представляет, как научный, так и практический интерес и позволяет оценить влияние изменения биологической продуктивности водной толщи на качество вод. Результаты такого анализа интересны также с методической точки зрения, т. к. оба показателя (численное выражение трофического статуса и численное выражение качества воды), по нашему мнению, должны постепенно интегрироваться в систему мониторинга и экологической оценки водоемов, важных с хозяйственной и природоохранной точек зрения.

Корреляционный анализ показывает связь между качеством воды, оцененным по NWQI и трофическим статусом, оцененным по индексу трофического состояния, TSI [5]. Коэффициент корреляции Спирмена между этими показателями, хоть и был статистически значим ($p = 0,0005$) но составил всего -0,32, что, по нашему мнению, свидетельствует о слабой связи.

Проведенные исследования показали, что трофический статус нельзя рассматривать как аналог качества воды, хотя связь этих показателей, безусловно, существует. В расчет обоих индексов (NWQI и TSI) входят в случае наших озер три одинаковых показателя – общий фосфор, хлорофилл и прозрачность по диску Секки. Очевидно, что качество воды более широкое понятие, чем трофический статус, к тому же учитывающее особенности водопользования в каждом озере и приоритеты развития его экосистемы. В общем смысле понятие трофического статуса существует в природе вне зависимости от отношения к нему человека, в то время как качество воды может рассматриваться только через призму отношения человека к конкретному объекту.

Работа выполнена при поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований и Научного комитета РА в рамках совместного исследовательского проекта SC 21 и B21APM-027.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Hambright, K.D.H.* Indices of water quality for sustainable management and conservation of an arid region lake, Lake Kinneret (Sea of Galilee), Kinneret. Aquatic Conservation / K.D.H. Hambright, A. Parparov, T. Berman // *Marine and Freshwater Ecosystems*. – 2000. – Vol. 10. – P. 393–406.
2. *Parparov, A.* Assessment and implementation of a methodological framework for sustainable management: Lake Kinneret as a case study / A. Parparov, G. Gal // *Journal of Environmental Management*. – 2010. – Vol. 101. – P. 111–117.
3. *Parparov, A.* Water Quality Quantification: Basics and Implementation / A. Parparov, K.D. Hambright, L. Hakanson, A. Ostapenia // *Hydrobiologia*. – 2006. – Vol. 560. – P. 227–237.
4. *Gal, G.* Development and application of a sustainability index for a lake ecosystem / G. Gal, T. Zohary // *Hydrobiologia*. – 2017. – Vol. 800. – P. 207–223.
5. *Adamovich, B.V.* Long-term changes of trophy state index of Naroch Lakes and its connection with the main hydrogeological parameters / B.V. Adamovich, T.V. Zhukova, T.M. Mikheyeva, R.Z. Kovalevskaya, E.V. Lukyanova // *Water Resources*. – 2016. – Vol. 43, iss. 5. – P. 809–817.

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ СЕЛЕКТИВНОЙ СИСТЕМЫ РАЗРАБОТКИ КАЛИЙНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ ANALYSIS OF THE APPLICATION OF A SELECTIVE SYSTEM FOR THE DEVELOPMENT OF POTASH DEPOSITS IN THE REPUBLIC OF BELARUS

П. П. Делянко^{1,2}, В. М. Мисюченко^{1,2}

P. P. Dzelianko^{1,2}, V. M. Misiuchenka^{1,2}

¹Белорусский государственный университет, БГУ, г. Минск, Республика Беларусь

²Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ, г. Минск, Республика Беларусь
dzelpolina@gmail.com

¹Belarusian State University, BSU, Minsk, Republic of Belarus

²International Sakharov Environmental Institute of Belarusian State University, ISEI BSU
Minsk, Republic of Belarus

В данной статье рассмотрено обращение с отходами калийных производств в Республике Беларусь на примере ОАО «Беларуськалий». Проанализирована динамика образования отходов переработки руды первого рудоуправления за последние 5 лет. В 2022 году образование данных отходов резко снизилось, за счет уменьшения объемов добычи. Рассмотрено применение системы селективной разработки с закладкой галита в выработанное пространство лав. Определено, что эффективность этого метода за последние годы повысилась, что связано с улучшением качества руды, снижением просадки земных пород. В то же время метод имеет ряд недостатков таких как сложная организация труда, связанная с разделением выемки сильвинитовых