



СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ (ООПТ)»

**КОНФЕРЕНЦИЯ
С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ**

посвященная
20-летию образования
Национального парка «Нарочанский»

Минск, 2019

РЕЛИКТОВЫЙ ВИД ПОЛУШНИК ОЗЕРНЫЙ (*ISOËTES LACUSTRIS* L.): ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ И ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РЕСУРСА ВИДА В БЕЛАРУСИ

¹Власов Б. П., ²Джус М. А., ³Юхимук А. Н., ³Власова А. Б.

¹ Лаборатория озероведения, Белгосуниверситет,
Минск, Республика Беларусь,
Vlasov@bsu.by,

² Кафедра ботаники биологический ф-т, Белгосуниверситет,
Минск, Республика Беларусь,
dzhus_maxim@mail.ru,

³ ГНУ «Центральный ботанический сад
Национальной Академии наук Беларуси», Минск, Республика Беларусь,
andrey.yukhimuk@gmail.com; nastassia_vlasova@yahoo.com

Бореальная реликтовая аквафлора ледниковых озер терпит сокращение численности в связи с глобальными и локальными изменениями климатического и антропогенного характера, трансформацией местообитаний (Heino et al 2009; Volpagni et al 2018) и занимает особый статус в изучении и сохранении биоразнообразия. Многие бореальные виды на их южных границах являются стенобионтами, и особочувствительны к изменению экологических условий. В Республике Беларусь одним из уязвимых реликтовых видов, находящихся в этом регионе на южной границе ареала обитания, является разнospоровый представитель плаунообразных – полушник озерный (*Isoëtes lacustris* L., *Isoëtaceae* Rchb.). Этот амфиатлантический вид (Рис. 1а) населяет в основном олиготрофные и мезотрофные пресные водоемы, предпочитая песчаные или песчано-илистые грунты в прибрежной зоне озер, а также глубины до 4–5 м, где при благоприятных условиях может формировать так называемые «полушниковые луга» (Рис. 2а). Местообитания полушника – низкоминерализованные озера с высокой прозрачностью, обладают значимым экологическим статусом и включены в список редких биотопов Республики Беларусь и Европы (The Habitats Directive of the European Union). Вид является индикатором состояния этих уникальных экосистем и охраняется в большинстве стран Европы и ряде штатов США (Vuce 2003, Vlasov 2012, Vlasov 2014, Brunton and Troia 2018). В Беларуси полушник озерный включен в Красную книгу 1–4 изданий, с присвоенной категорией охраны – 3 (VU, под прямой угрозой исчезновения) (Красная книга Республики Беларусь, 2016). С на-



чала 20-го столетия численность и распространение *I. lacustris* в Европе резко сокращается вследствие загрязнения, эвтрофикации озёр, а также механического уничтожения растений (Taylor 1998, Vige 2003, Vlasov 2012, 2014, Murphy 2002, Free 2009, Arts 2002). На территории Беларуси известно 21 озеро – места нахождения *I. lacustris*, преимущественно в северной части республики, из них подтвержденных данными гербарных сборов – 18. (рис. 1, б), включая недавно обнаруженные 2 местонахождения в Могилевской области (Савчук, Лебедько 2018). **Несмотря на то, что практически все местообитания вида в Беларуси находятся на особо охраняемых природных территориях (ООПТ), в последние несколько десятилетий констатировано резкое сокращение его численности и массовая гибель растений в отдельных локалитетах (Vlasov 2012, 2014, Власов и др.**

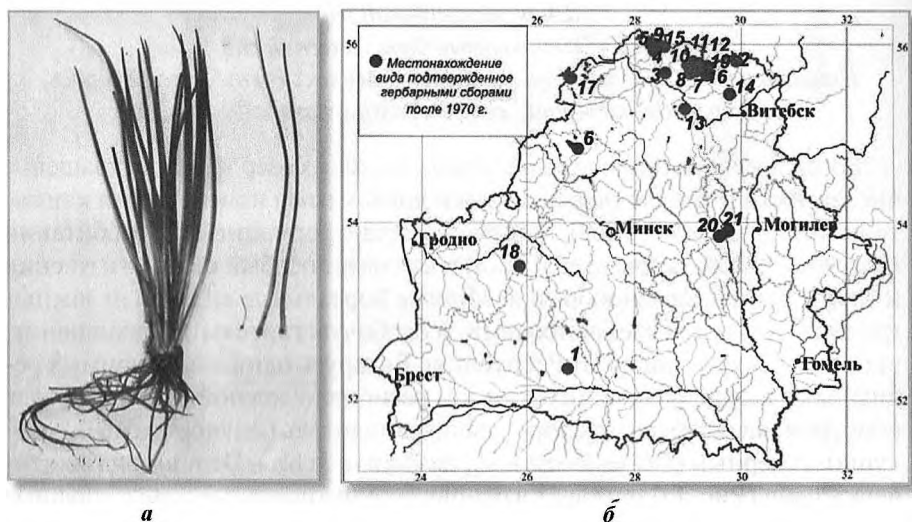


Рис. 1 – Общий вид растения (а). Местонахождения *I. lacustris* на территории Беларуси (б):

- 1 – Белое* (Лунинецкий р-н), 2 – Белое, (д. Сурмино, Городокский р-н),
3 – Белое, (д. Азино, Полоцкий р-н), 4 – Белое (д. Доброплесы, Россонский р-н), 5 – Белое
(Россонский р-н), 6 – Белое (Мядельский р-н), 7 – Белое Бол. (Полоцкий р-н), 8 – Белое
Мал. (Полоцкий р-н), 9 – Бредно (Россонский р-н), 10 – Вырвино (Полоцкий р-н),
11 – Глубокое* (Полоцкий р-н), 12 – Кополовице (Полоцкий р-н), 13 – Кривое (Ушачский
р-н), 14 – Лосвида (Городокский р-н), 15 – Окунёвец (Россонский р-н), 16 – Островито
Бол. (Полоцкий р-н), 17 – Ричи (Браславский р-н), 18 – Свитязь* (Новогрудский р-н),
19 – Чербомысло* (Полоцкий р-н), 20 – Заозерское (Бельничский р-н),
21 – Кармановское (Бельничский р-н).

Прим.* популяции, для которых была проведена оценка параметров ГР. Красной пунктирной линией обозначены границы областей.

2015). В общей сложности со времени начала регулярного мониторинга вида (начиная с 70-х гг. прошлого столетия) и до настоящего времени зафиксирована гибель вида в более чем 17 % местообитаний в Беларуси. Биологические особенности и экологические предпочтения *I. lacustris*, в совокупности с дефрагментацией и сокращением местообитаний, произрастанием на территории Беларуси на южной границе ареала, обуславливают высокий риск продолжения сокращения численности и вымирания вида.

В настоящем исследовании была поставлена цель изучить состояние ряда современных популяций полушника озерного в Беларуси на территориях ООПТ и оценить эффективность программ по сохранению ресурса вида. Для этого выполнены следующие задачи:

- а) адаптировать систему мониторинга *I. lacustris* и установить обязательные параметры для фиксирования;
- б) оценить угрозы для популяций полушника в Беларуси, в том числе для сокращающих численность локалитетов;
- в) на основании интегрального анализа данных экологического мониторинга и параметров генетического разнообразия (ГР) оценить адаптивный потенциал популяций и предложить стратегию охраны *генфонда вида* в республике (его отдельных популяций и вида в целом).

Методы

Объектами данного исследования являлись популяции полушника озерного в Беларуси, в том числе 4, характеризующиеся наиболее значительным сокращением численности на протяжении последних 15 лет (рис. 1, б). Нами был предложен интегральный подход оценки адаптивного потенциала популяций на основе их эколого-ботанической характеристики, параметров генетического разнообразия и структуры – как более эффективный инструмент инвентаризации состояния популяций вида. Учет параметров среды произрастания вида и развития популяций и оценку фитоценотического разнообразия проводили в период в 2011–2015 гг. согласно принятых методик (Власов, и др. 2014; Пугачевский 2011; Сцепанович 2006, Катанская 1981 и др.). Параметры генетического разнообразия оценивали на основании частот аллелей (молекулярные системы RAPD и ISSR) согласно (Власова, Юхимук, Джус, Тухфатуллина, Власов 2013; Власова, Власов, Джус 2014).

Результаты

Нами проведена эколого-ботаническая инвентаризация местообитаний, в т. ч. тех, в которых резко сокращается численность вида (оз. Белое,



Свитязь, Чербомысло, Глубокое), уточнены экологические параметры и изучены растительные сообщества за 2010–2018 годы. Подтвержден основной вид хозяйственного использования для отдельных локалитетов – рекреация, туризм и отдых, любительский лов рыбы, и констатирован доминирующий вид угроз и факторы воздействия – усилившееся по сравнению с предыдущими наблюдениями антропогенное эвтрофирование и загрязнение вод и донных отложений озер солями тяжелых металлов и другими биогенами (Свитязь, Белое Лунинецкого р-на, и др.).

Так, например, в полушнике, произрастающем в озере Свитязь, зафиксировано превышение содержания тяжелых металлов и других элементов (по сравнению с максимальными значениями для чистых водоемов республики): никеля в 2 раза; ванадия – в 10,7, титана в 7,2 раза, хрома в 8,4 раза, свинца в 37,2, меди в 7,2 раза, цинка в 1,2 раза. Ранее для всех локалитетов полушника озерного в Беларуси нами подтверждена значимая зависимость численности «встречаемость», оптимума развития популяций «толерантность» и частного проективного покрытия от таких гидрохимических показателей, как цветность, общий фосфор (прямая зависимость), присутствие ионов Mg^{2+} и общая минерализация (обратная зависимость) (Власов 2014).

В данной работе во всех обследованных локалитетах дополнительно за период 2010–2018 гг. подтверждено наличие и количественно оценены следующие факторы: общая минерализация, общий фосфор, рН, прозрачность. В ряде случаев выявлена динамика этих параметров по сравнению с показателями предыдущих лет (данные не приведены). Подтверждена значимая зависимость этих факторов с параметрами «обилие» и «численность».

Исследовано распределение видов в фитоценозах локалитетов, в которых сокращается численность полушника и проведен сравнительный анализ полученных данных. Отмечено значительное по сравнению с предыдущими годами развитие эфтрофентов и обрастание растений полушника (рис. 2б).

Для локалитетов, в которых исследована генетическая структура популяций и параметры генетического разнообразия (Свитязь, Глубокое, Чербомысло и Белое Лунинецкого р-на) выявлена статистически значимая сильная корреляция параметров ГР и ряда экологических и морфологических характеристик обследованных озер и показателей развития популяций: «обилие», рН (обратная зависимость), прозрачность, коэффициент изрезанности береговой линии и удельный водообмен. Таким образом, по результатам наблюдений последних лет для ряда факторов подтверждено их лимитирующее действие на развитие



а

б

Рис. 2 – Оптимум развития растений – «полушниковые луга» (озеро Белое, Лунинецкий р-н (а);

Негативное влияние параметров окружающей среды на развитие полушника – обростатели и гибель растений (б; фото Лихачева А. С.)

вида. Прозрачность и рН достоверно лимитируют развитие полушника, в том числе в четырех, сокращающих численность локалитетах, что согласуется с литературными и данными многолетнего мониторинга популяций вида в Беларуси (Vіце 2003, 2014, и др.). Для некоторых морфологических параметров озер такая зависимость зарегистрирована впервые и требует дополнительных исследований.

На основе вариационного ряда распределения параметров ГР были обнаружены локалитеты наиболее подверженные эрозии генетического разнообразия (Белое, Свितязь), и соответственно крайне уязвимые перед любыми изменениями среды обитания локального или глобального характера. Проведенный интегральный анализ данных эколого-ботанической характеристики местообитаний полушника и параметров генетического разнообразия для локалитетов, в которых констатировано резкое сокращение численности, позволил предложить алгоритм обнаружения лимитирующих факторов развития растений и оценки общей адаптивной сопротивляемости популяций. Так, проведенный анализ динамики показателей среды и сопряженности с показателями ГР, выявил, что рН выше 7,0 и минерализация выше 40 мг/л являются критическими значениями, после которого по мониторинговым исследованиям наблюдается массовая гибель растений (как в оз. Белое, Лунинецкий р-н, Белое Мядельский р-н (рисунки 2б; неопубликован-



ные ранее данные). Эти лимитирующие показатели рекомендованы для обязательного фиксирования при экологической инвентаризации мест обитаний этого редкого вида.

Выявленная значимая сопряженность ГР и параметров развития популяций «обилие» и, в меньшей степени, «толерантность» находится в согласовании с принятым положением, что малые популяции не могут поддерживать достаточный пул разнообразия, по сравнению с большими (Frankham 1996) и позволяет рекомендовать эти параметры как обязательные для фиксирования при проведении экологического мониторинга озер и прогнозирования динамики развития популяций полушника (Reed and Frankham 2003).

Интегральная оценка генетического разнообразия, экологических параметров и показателей развития популяций полушника озерного и выявленная корреляция данных характеристик позволила определить характер основных антропогенных угроз: рекреация, приток фосфора, эвтрофирование, снижение прозрачности, интенсивное развитие эвтрофентов и обрастателей, изменение уровня вод, мытье посуды в водоеме на нерегулируемых туристических стоянках, механическое вытаптывание растений. Нами предложены меры по сохранению вида индивидуально в каждом локалитете. В частности, рекомендации по *in situ* консервации включают:

- организация заповедной зоны (без исключения для всех локалитетов);
- предотвращение или устранение гидротехническими способами изменений уровня вод;
- проведение регулярных обследований рН и иных лимитирующих гидрологических параметров;
- организация специально выделенных зон для купания.

Рекомендуемые меры по *ex situ* консервации (для всех локалитетов):

- *in vitro* размножение;
- создание банка спор;
- измерение параметров ГР (раз в 6–10 лет);
- репатриация (только в совокупности с проведением интегрального мониторинга).

В связи с тем, что нахождение на ООПТ не гарантирует сохранность вида, видится насущная необходимость разработки более совершенной системы контроля за выполнением специального режима охраны, хозяйственной деятельностью и использованием озер, выполнении рекомендуемых научно-обоснованных мероприятий. Принимая во внимание, что каждая популяция обладает уникальным набором характеристик ГР (данные не приведены), и для устойчивой охраны

вида важно сохранение каждой популяции на территории республики, следует обратить внимание на примеры нарушения режима охраны вида и нецелевого использования некоторых озер. Так, озеро Белое (Доброплесы) – одно из местобитаний полушника озерного, находящееся на территории ландшафтного заказника республиканского значения «Красный бор» (Витебская обл., Верхнедвинский р-н), используется расположенным поблизости туристическим комплексом (ТК) «Красный Бор» для предоставления услуг рыбной ловли (информация сайта ТК «Красный бор»: <https://krasniybor.by>, в разделе рыбалка/арендованные водоемы). При этом проводится периодическое зарыбление водоема и осуществляется подкормка рыбы. Такие действия приводят к изменению параметров местобитания редкого вида, в том числе гидхимического режима, типа трофности и пр., что ведет к полному исчезновению вида в данном озере, и противоречит законодательству Республики Беларусь по выполнению специального режима охраны мест обитания растений, внесенных в Красную книгу (Закон Республики Беларусь «Об особо охраняемых природных территориях» № 150-З от 15 ноября 2018 г., в т. ч. Статья 28; Закон Республики Беларусь «О растительном мире» № 205-З от 14 июня 2003 г., в частности Статья 18; Закон Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» № 1982-ХІІ от 26 ноября 1992 г., в частности Статьи 63, 64 и 64¹). Аналогичная ситуация с критическим влиянием хозяйственно-рекреационной деятельности на развитие вида существует на озерах Белое (Мядельский р-н), Святязь, Белое (Лунинецкий р-н).

В совокупности, полученные данные свидетельствуют, что существующие меры охраны на ООПТ не гарантируют устойчивое сохранение ресурса вида и в частности его ГР. Для снижения нарастающих угроз для вида, темпов эрозии ГР и предотвращения сокращения численности и восстановления популяций предлагается создание зон особой охраны аналогично «заповедной» на определенное время. В локалитетах сокращающих численность рекомендовано проведение ежегодных мониторинговых исследований и слежение за динамикой параметров ГР. Целесообразным является развитие системы льгот при развитии программ по устойчивому природопользованию, экологическому формированию и воспитанию населения.

Работа выполнена в рамках задания «Мониторинг водной растительности», раздел НСМОС начиная с 2000 года, гранта БРФФИ № Б10–132.