

УДК 911.5 (476)

*Н.В. Михальчук, И.В. Ковалев, О.А. Галуц*

## **ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭКОСИСТЕМ ДЕПРЕССИОННО-КАРБОНАТНЫХ ЛАНДШАФТНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПОЛЕСЬЯ: ПОПУЛЯЦИОННО-ИНДИКАТОРНЫЙ АСПЕКТ**

В работе изложены основные результаты оценки степени антропогенной трансформации экосистем депрессионно-карбонатных ландшафтных комплексов, находящихся в зонах техногенного влияния, на основе изучения популяционно-демографических особенностей индикаторного вида *Surgipedium calceolus* L.

### **Введение**

На современном этапе развития общества реализация положений концепции устойчивого развития, сформулированной во второй половине 80-х гг. Международной комиссией ООН по окружающей среде и развитию под руководством Г.Х. Брундтланд [6], возможна лишь при соблюдении принципа равноценности экономических, социальных и экологических интересов. Экологическая составляющая устойчивого развития предполагает обеспечение надлежащего качества компонентов природной среды – атмосферного воздуха, вод, почв, ландшафта в целом, сохранение биологического разнообразия, предотвращение деградации природно-ресурсного потенциала. Кроме того, все более отчетливо осознается необходимость учета в любых экономических моделях стоимости жизнеобеспечивающих услуг, оказываемых сохраненными экосистемами, – «экосистемных услуг» [8].

Несмотря на произошедшие позитивные сдвиги в оценке экологической ситуации на территории Беларуси, ее общее состояние все еще остается довольно сложным. Такое положение связано, главным образом, с ведущей ролью в формировании экологической ситуации проблем, унаследованных из прошлого. Подобная ситуация весьма характерна и для территории Белорусского Полесья: широкомасштабная и разносторонняя деятельность человека по вовлечению в хозяйственный оборот водных, минеральных, почвенных, растительных и иных ресурсов обусловила коренное преобразование ландшафтов, геопочвенных, почвенно-гидрологических, флористических и иных взаимосвязанных комплексов. Современное состояние и динамика геосистем Белорусского Полесья в значительной степени обусловлены влиянием крупномасштабных водно-земельных мелиораций – во второй половине XX ст. осушено около 2,1 млн. га заболоченных и переувлажненных земель или более 40% белорусского сектора Полесья (для сравнения: площадь болот в Западной Европе сократилась более чем на 80% !). Мелиоративная трансформация территорий, иные виды их техногенного преобразования актуализировали проблему обеспечения устойчивости экосистем, сохранения ландшафтного и биологического разнообразия региона. В условиях известной нехватки сил и средств оценка степени антропогенной трансформации экосистем должна основываться на тех модельных объектах (комплексах), компоненты которых наиболее чутко реагируют на изменения основных свойств окружающей среды, а в их составе – на индикаторных элементах (прежде всего, видах или популяциях), позволяющих с достаточной степенью объективности судить о глубине и направленности таких изменений. Наиболее простым и операционным подходом на экосистемном уровне может быть получение ответа на вопрос о состоянии популяций индикаторных видов [2]. Ввиду того, что

популяции одновременно выступают и элементами биосистем ценотического уровня, и реальными элементарными объектами в структуре вида [7], появляется возможность, во-первых, оценивать состояние соответствующих ценозов и экосистем, во-вторых, осуществлять слежение за состоянием вида в пределах ареала.

### **Объекты, условия и методы исследования**

В качестве объекта исследования выбраны мезоэкологические популяции (МзЭП) *Syrripedium calceolus* L. в пределах депрессионно-карбонатных (ДК) комплексов Брестского и Припятского Полесья. Согласно известной классификации [1] данный вид относится к функциональному типу редких растений с узким диапазоном биологических потенций. Это обстоятельство предопределяет чувствительность вида ко всякого рода нарушениям в эволюционно сложившихся местах обитания и поэтому состояние его популяций может играть индикаторную роль [9].

Выбор ДК-комплексов в ранге модельных обусловлен следующими обстоятельствами:

- широкая представленность в Белорусском Полесье (до 450 тыс. га [4]) и относительно равномерное пространственное распределение в регионе;
- расположение большинства вариантов ДК-комплексов в контактных зонах с крупными болотными массивами или внутри них, что позволяет индизировать состояние соответствующих экосистем в случае их антропогенных трансформаций;
- относясь к числу экотонных систем с высокой напряженностью биологических и почвенно-геохимических процессов, ДК-комплексы обладают необходимой чувствительностью как к антропогенным, так и естественным воздействиям, что позволяет своевременно регистрировать любые изменения в экосистемах (как на возрастание, так и на снижение степени неблагоприятного воздействия).

В генетическом профиле почв ДК-комплексов, как правило, отмечаются лугово-мергелистые отложения выпотного характера, отражающие супераквальные стадии их домелиоративного развития. Карбонаты представлены в основном  $\text{CaCO}_3$ . В горизонте А1к его содержание может достигать 30%, часто удваиваясь к горизонту Вк (глубина 30–50 см). На глубине 60–65 см от поверхности почвы количество карбонатов резко снижается. В постмелиоративный период подобные ландшафты развиваются преимущественно в элювиальных условиях, а на большинстве ступеней соответствующих катен доминируют карбонатно обусловленные сообщества.

МзЭП *S. calceolus* изучали в период 2000–2007 гг. на стационарных мониторинговых площадках (СМП), размещенных в подзоне грабовых дубрав южной части Брестского и Припятского Полесья на следующих ключевых участках: биосферный резерват «Прибужское Полесье» (МзЭП Гр1, Гр2), Брестский район, биологические заказники «Хмелевка» (Хм1 – Хм5), «Луково» (Л1 – Л8), Малоритский район, «Дивин – Великий Лес» (Лаз1, Лаз2, Вг, Дм, Мр, Ко), «Клища» (Би, Кл), Кобринский район, «Званец» (Зв), Дрогичинский район, «Бусловка» (Бс1 – Бс3), Березовский район, островные агроландшафтные местообитания ОАО «Днепробугское» (Орл, Мих, Орех, Ден, Уг, Мар) Кобринского района, а также перспективные для охраны объекты «Хотислав» (Хт1), «Высокое» (Вс), Малоритский район и «Сошно» (Сш), Пинский район. В качестве модельных выступали эдафические варианты сообществ грабовых дубрав.

Характеристику жизненного состояния растений определенного вида, выполненную с опорой на морфометрические параметры, принято называть виталитетом [3].

Жизненное состояние растений *C. calceolus* определяли по 3-м показателям: высота, средняя ширина настоящих листьев и ширина 2-го настоящего листа. В качестве учетной использовали морфологическую единицу – фитомер (наземный побег). Побеги вида ранжированы нами по уровню виталитета путем отнесения их к одному из 6-ти классов. При этом ранжированный ряд в рамках определенного критерия делили на равные интервалы, синхронизируя их с показателями выделения возрастных групп и с поправкой на особенности каждого из 3-х возрастных периодов. Учитывая неравнозначную роль передгенеративных, генеративных и постгенеративных растений в обеспечении самоподдержания популяции, для каждого возрастного периода установили разные максимальные баллы жизненности: 4,5 (шаг интервала 0,75); 6,0 (1,0) и 3,0 (0,5) соответственно. Очевидно, что подобная методика позволяет учитывать при определении жизненности такие характеристики популяции, как количество и виталитет побегов, а также – возрастной состав (генеративные побеги получают более высокие баллы жизненности, чем перед-, а тем более, постгенеративные) [5].

Подсчитав среднеарифметическую сумму баллов жизненности всех побегов на СМП, получали показатель жизненности  $P$  по соответствующему критерию всей МзЭП. Он включает в себя показатели жизненности передгенеративного периода ( $P_{Пг}$ ), генеративного ( $P_{Г}$ ) и постгенеративного ( $P_{П}$ ). Жизненность МзЭП рассчитывалась как сумма произведений средних баллов жизненности ( $F$ ) каждого возрастного периода на количество растений ( $n$ ) этого возрастного периода на СМП:

$$P = F_{Пг} * n_{Пг} + F_{Г} * n_{Г} + F_{П} * n_{П}.$$

Для расчёта относительной жизненности МзЭП применяли формулу:

$$P_{отн.} = P / P_{max},$$

где  $P_{max}$  – сумма произведений максимальных баллов жизненности побегов каждого возрастного периода на количество побегов этого периода на СМП. Относительную жизненность МзЭП также определяли по каждому из примененных критериев. Когда  $P_{отн.}$  превышало 0,85, жизненное состояние определяли как «очень высокое», а соответствующие экосистемы характеризовали как «относительно ненарушенные» (степень нарушения экосистем оценивали баллом 1); при значениях  $P_{отн.}$  в интервале 0,71–0,85 – «высокое», экосистемы относили к категории «слабо нарушенные» (балл 2); 0,56–0,70 – «среднее» – «средненарушенные» экосистемы (балл 3); 0,40–0,55 – «низкое» – «сильно нарушенные» экосистемы (балл 4) и менее 0,40 – «очень низкое» – «чрезмерно нарушенные» экосистемы (балл 5).

### Результаты и обсуждение

Сравнительный анализ уровней относительной жизненности МзЭП *C. calceolus* показал, что наиболее оптимальные условия для развития вида в изучаемых местообитаниях сложились в 2006 г., а самым неблагоприятным в 8-летнем цикле исследований оказался 2002 г. Результаты определения  $P_{отн.}$  и ее вариабельности в соответствующие периоды отражены на рисунке 1.

Установлено, что по рассматриваемым показателям совокупность исследованных МзЭП можно разделить на четыре группы:

1) *эталонные* популяции, местообитания которых расположены в глубинных зонах особо охраняемых природных территорий (ООПТ), в составе зрелых умброфитных сообществ, развивающихся в спонтанном режиме вне ареалов техногенных воздействий (МзЭП Гр1, Гр2, Хм3 – Хм5, Сш); уровень их относительной жизненности стабильно высокий ( $P_{отн.} > 0,76$ ) и мало зависит от погодноклиматических условий конкретного вегетационного периода. Изучение основных параметров популяций данной группы дает возможность получения «нулевого отсчета»



случае прекращения или смягчения негативного воздействия могут эффективно обеспечивать развитие исследуемых МзЭП в режиме, близком к оптимальному.

Таблица 1 – Относительная жизненность МзЭП *S. calceolus* и степень антропогенной трансформации экосистем ДК-комплексов

МзЭП	Р <sub>отн.</sub>		А	Б	МзЭП	Р <sub>отн.</sub>		А	Б
	2002г.	2006г.				2002г.	2006г.		
Хм3	0,81	0,86	вс./оч.вс.	1/2	Уг	0,58	0,76	ср./вс.	2/3
Хм5	0,83	0,88	вс.	2	Л4	0,55	0,78	ср./вс.	2/3
Гр1	0,76	0,85	вс.	2	Хт1	0,62	0,69	ср.	3
Гр2	0,77	0,83	вс.	2	Хм1	0,59	0,66	ср.	3
Сш	0,86	0,82	вс.	2	Ко	0,56	0,69	ср.	3
Хм4	0,78	0,81	вс.	2	Л5	0,53	0,71	нз./вс.	2/4
Вс	0,70	0,85	ср./вс.	2/3	Дм	0,53	0,73	нз./вс.	2/4
Хм2	0,69	0,83	ср./вс.	2/3	Лаз1	0,44	0,83	нз./вс.	2/4
Орл	0,70	0,72	ср./вс.	2/3	Мх	0,50	0,67	нз./ср.	3/4
Л1	0,67	0,81	ср.	3	Кл	0,54	0,61	нз./ср.	3/4
Л2	0,68	0,75	ср.	3	Би	0,50	0,61	нз./ср.	3/4
Л8	0,65	0,74	ср./вс.	2/3	Мр	0,50	0,59	нз./ср.	3/4
Вг	0,60	0,75	ср./вс.	2/3	Зв	0,64	0,55	нз./ср.	3/4
Л3б	0,57	0,80	ср./вс.	2/3	Дэн	0,32	0,62	оч.нз./ср.	3/5
Л6	0,59	0,77	ср./вс.	2/3	Мар	0,35	0,51	оч.нз./нз.	4/5
Орх	0,58	0,78	ср./вс.	2/3	Бс1	0,56	0,57	ср.	3
Лаз2	0,60	0,80	ср./вс.	2/3	Бс3	0,57	0,44	нз./ср.	3/4
Л3а	0,60	0,72	ср./вс.	2/3	Бс2	0,50	0,50	нз.	4

Примечание: А – жизненное состояние МзЭП *S. calceolus*: оч. вс. – очень высокое, вс. – высокое, ср. – среднее, нз. – низкое, оч.нз. – очень низкое. Б – степень нарушенности экосистем, балл

4) *импактные* популяции испытывают наиболее сильное влияние хозяйственной деятельности человека и в подавляющем большинстве случаев расположены в островных агроландшафтных местообитаниях (Би, Дэн, Зв, Кл, Мар, Мх); характерны наиболее низкие показатели Р<sub>отн.</sub> Так, если усредненное значение относительной жизненности эталонных и равновесно-буферных популяций в период 2000–2007 гг. составило 0,75 + 0,05, то для всех «агроландшафтных» МзЭП – 0,62 + 0,11. Для типично островных популяций Мар и Дэн оно не превышало 0,50 при весьма значительной вариабельности по годам исследований. Особенно низким значение Р<sub>отн.</sub> этих двух популяций, отличающихся положением в открытых (осветленных) сообществах, оказалось в экстремальном по погодным условиям 2002 г. (длительный засушливый период) – соответственно 0,32 и 0,35. При этом даже в годы оптимума уровень их Р<sub>отн.</sub> оказывался низким или ниже среднего (0,51 – 0,62). Очевиден факт утраты некоторыми островными экосистемами, относящимися к категории сильно и чрезмерно нарушенных (баллы 4 и 5), свойств устойчивости и способности поддерживать близкий к оптимальному режим внутренней среды даже в благоприятные по гидро-климатическим условиям периоды.

Особую группу составляют интродуцированные популяции. Так, в 1997 г. из зон пирогенного влияния биологического заказника «Дивин–Великий Лес» были изъяты 188 побегов *S. calceolus* и в слабо нарушенных сообществах грабовых дубрав

биологического заказника «Бусловка» сформированы три искусственные популяции – Бс1, Бс2, Бс3. Все они демонстрируют уровни  $R_{отн.}$  ниже среднего с тенденцией перехода к низкому жизненному состоянию в условиях относительной стабильности вмещающих фитоценозов. Такое положение может являться следствием локального воздействия на растения копытных животных, а также развитием популяций вне карбонатных эдафотопов – эволюционно закрепленных местообитаний. В любом случае, пропагандируемые мероприятия по перемещению узко специализированных видов из уязвимых экотопов должны сопровождаться тщательным подбором новых местообитаний в соответствии с эколого-биологическими особенностями вида.

Таким образом, мезоэкологические популяции *S. calceolus* обнаруживают отчетливую дифференциацию по показателю относительной жизнестойкости в зависимости от степени нарушенности вмещающих экосистем. Данный показатель может быть использован для оценки состояния экосистем ДК-комплексов, находящихся в зонах техногенного влияния. При этом достигается своевременная регистрация популяционных откликов не только на увеличение, но и на снижение степени неблагоприятного воздействия. Такая возможность, являясь труднодостижимой во многих используемых подходах, имеет принципиальное значение для получения оперативной информации о появлении позитивных сдвигов в состоянии экосистем в ответ на предпринимаемые природоохранные усилия.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Заугольнова, Л. Б. Типы функционирования популяций редких видов растений / Л. Б. Заугольнова, С. В. Никитина, Л. В. Денисова // Бюллетень МОИП. Отд. Биол. – 1992. – Т. 97. – Вып. 3. – С. 80–91.
2. Захаров, В. М. Биотест : интегральная оценка здоровья экосистем и отдельных видов / В. М. Захаров, Д. М. Кларк. – М., 1993. – 68 с.
3. Злобин, Ю. А. Принципы и методы изучения ценологических популяций растений / Ю. А. Злобин. – М., 2006. – 456 с.
4. Мееровский, А. С. Карбонатно-солончаковый почвообразовательный процесс / А. С. Мееровский // Мелиорация : энциклопедический справочник. – Мн., 1984. – С. 223.
5. Міхальчук, М. В. Венерын чаравічак сапраўдны ў Брэсцкім і Прыпяцкім Палессі / М. В. Міхальчук – Брэст, 2002. – 136 с.
6. Наше общее будущее : доклад международной комиссии по окружающей среде и развитию. – М., 1989. – 376 с.
7. Парфенов, В. И. Структурно-функциональная организация и мониторинг фитопопуляций / В. И. Парфенов [и др.] // Проблемы экспериментальной ботаники. – Минск, 1997. – С. 48–54.
8. Тишков, А. А. Биосферные функции природных экосистем России / А. А. Тишков. – М., 2005. – 309 с.
9. Tyfeca, D. Les orchidees des forets // Reserves natur. – 1984. – № 4. – S. 27–31.

*N.V. Mikhalchuk, I.V. Kovaliov, O.A. Galuc. Evaluation of Anthropogenic Transformation of Ecosystems in Polesie Descending-Carbonate Landscape Complexes: Population-Indicating Aspect*

The article contains the main results of the evaluation of the level of anthropogenic transformations of ecosystems in descending-carbonate landscape complexes situated in the zones of

technogenic influence on the basis of the research of population-demographic peculiarities of *Cypripedium calceolus* L. indicating type.