



УДК 551.481.1

*О. Ф. ЯКУШКО, Ю. Н. ЕМЕЛЬЯНОВ,
В. П. РОМАНОВ, Г. С. ГИГЕВИЧ, З. К. КАРТАШЕВИЧ*

ПРИНЦИПЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ОЦЕНКИ АНТРОПОГЕННЫХ ТРАНСФОРМАЦИЙ В ОЗЕРНЫХ КОМПЛЕКСАХ

Белоруссия относится к числу регионов с высокой озерностью. Водоемы — важнейшие природные ресурсы, их состояние, рациональное использование и охрана имеют жизненно важное значение для народного хозяйства.

Качественные признаки антропогенных трансформаций лимнических комплексов определены в работах многих авторов [1—3]. Рассматривая принципы определения и количественно оценивая антропогенные нарушения в озерах Белоруссии, мы принимали во внимание ряд известных положений и предпосылок.

В районах древней культуры и высокого показателя хозяйственного использования территории практически все озерные водоемы испытывают антропогенное воздействие, напряженность которого колеблется в разной степени.

Озера северной части Белоруссии имеют общее происхождение и развиваются в единой климатической зоне, что проявляется в их водном режиме, формировании гидрохимических и гидробиологических черт. Важно и то, что большая часть водоемов располагается на хорошо освоенных в сельскохозяйственном отношении (распаханность 40—50%) возвышенностях и равнинах, а не на облесенных заболоченных низинах.

Направление и интенсивность антропогенных нарушений контролируются также провинциальными и частными особенностями, присущими каждому озеру. К их числу мы относим: показатель удельного водосбора, характеризующий степень влияния на озеро его бассейна; условный водообмен, дающий представление о скорости водообмена; морфометрические параметры (площадь и глубина озера, объем водной массы, показатель открытости).

Используя указанные предпосылки и условия в качестве фоновых, мы отобрали наиболее репрезентативные показатели, характеризующие степень антропогенных нарушений озерных комплексов. В каждом случае использованы данные по разнотипным эталонным озерам с достаточно большим (не менее трех лет) сроком наблюдений [4].

Основными причинами антропогенных изменений водной массы являются сбросы биогенных и загрязняющих веществ с поверхностными водами и атмосферными осадками. Их накопление и трансформация в процессе круговорота вещества и энергии в общих чертах отражает способность водоема к самоочищению или служит причиной его эвтрофирования или загрязнения. Направление и интенсивность этих процессов могут быть выражены следующими основными показателями: содержанием в воде основных биогенных элементов (фосфора и азота),

биохимическим потреблением кислорода (БПК₅), прозрачностью воды, биомассой автотрофных организмов и ее соотношением с биомассой гетеротрофов в летний сезон.

Источники эвтрофирующих веществ в водоемах многочисленны и разнообразны, но круг питательных веществ — основных стимуляторов эвтрофирования — очень ограничен. Новейшие экспериментальные исследования убедительно доказали первенствующее значение фосфора как фактора, стимулирующего или ограничивающего развитие автотрофных гидробионтов [1,5—7].

Общепринятый показатель качества природных вод БПК₅ определяется качественным или полуколичественным методом и характеризует содержание в воде органических веществ, способных окисляться за короткий промежуток времени [8]. Метод пригоден для вод, в которых отсутствуют токсические вещества.

Прозрачность давно и широко используется для оценки уровня трофи водоема. Однако необходимо учитывать, что этот показатель должен сочетаться с величиной цветности воды, так как высокая цветность характеризует дистрофирующие озера в отличие от олиготрофных озер с низкой цветностью и высокой прозрачностью.

Нарушения в водных экосистемах учитываются и с помощью биологических показателей. Для экосистемы каждого генетического типа соотношение фито- и зоопланктона ограничено определенными пределами [9]. В озерных экосистемах с сильными антропогенными нарушениями биомасса фито- и зоопланктона скачкообразно возрастает как в абсолютных показателях, так и по отношению к зоопланктону, что является следствием избыточного поступления биогенных элементов. При этом в биомассе преобладает небольшое число видов сине-зеленых водорослей (90—95%).

Избрав указанные показатели в качестве основных, при условии определенной их усредненности, мы разделили озера северной части Белоруссии на три основные группы: с сильной (I), средней (II) и слабой (III) степенью антропогенной трансформации. Каждая группа получила определенную количественную и качественную оценку и включает в себя озера различного уровня трофии.



Соотношение биомассы фито- и зоопланктона (лето), г/м³:

I группа — оз. Забельское (1), оз. Великое (2), оз. Лесковичи (3), оз. Круглик (4); II группа — оз. Загатье (5), оз. Мнюта (6); III группа — оз. Каравайно (7), оз. Нарочь (8), оз. Рудаково (9), оз. Болдук (10)

К I группе мы отнесли небольшое число озер Белоруссии, которые являются приемниками городских, промышленных отходов и сбросов крупных животноводческих комплексов. Такие озера можно считать гипертрофными, и вода их непригодна для водоснабжения. Биомасса фитопланктона в них в 15—20 раз превышает биомассу зоопланктона (см. рисунок). Низкий процент потребления фитопланктона вызывает сдвиг равновесия в сторону накопления органических веществ, которые создают условия для вторичного загрязнения [9]. О качестве воды в I группе озер свидетельствуют следующие гидробиологические показатели: низкая прозрачность (менее 1 м), высокое содержание фосфатов (более 0,1 мг P/л), резкий дефицит кислорода в придонных слоях в летний период и по всей толще воды зимой, высокий показатель БПК₅ (в пределах 3—10 мг O₂/л), биомасса фитопланктона свыше 10 г/м³.

Качество воды, характеризуемое этими показателями, как в эвтрофных, так и в мезотрофных озерах указанной группы, снивелировано (см. таблицу). Эта закономерность подтверждается на примере высокоэвтрофных мелководных озер Забельское и Великое и мезотрофных с признаками олиготрофии озер Лесковичи и Круглик. В настоящее время они обладают чертами гипертрофных водоемов.

Большое количество озер различных генетических типов, в основном расположенных среди распаханных полей, вблизи небольших населенных пунктов, объединены во II группу. Вода в них относительно чистая и может быть использована для бытовых и производственных нужд, в рекреационных целях. В озерах II группы сосредоточены основные запасы рыбы. Гидрохимический и гидробиологический режимы этих озер характеризуются следующими показателями: прозрачность 1—3 м, концентрация фосфатов от 0,01 до 0,1 мг P/л, биомасса фитопланктона ниже 10 г/м³ (см. таблицу). Соотношение биомассы фито- и зоопланктона 2:1, а БПК₅ около 3 мг O₂/л. Для сохранения высокого качества воды необходимо ликвидировать непосредственные источники поступления биогенных элементов.

Наиболее чистые озера, расположенные в лесных ландшафтах, непосредственно не затронутых деятельностью человека, или в частично окультуренных ландшафтах (III группа), используются для питьевого водоснабжения и в рекреационных целях.

Основные показатели озер разной степени антропогенной трансформации

Озеро	Генетический тип	Среднее содержание P _{ин} в воде, мг P/л	БПК ₅ , мг O ₂ /л	Максимальное содержание фитопланктона г/м ³	Соотношение биомассы фито- и зоопланктона	Прозрачность, м	Степень антропогенной трансформации
Забельское	Эвтрофное	1,600	9,5	34,80	17:1	0,2	I
Великое	То же	0,200	4,0	53,14	26:1	0,3	
Лесковичи	Мезотрофное с признаками олиготрофии	0,500	3,0	32,22	32:1	0,5	
Круглик	То же	0,500	—	42,08	22:1	0,9	
Загатье	Эвтрофное	0,050	2,5	6,70	2:1	1,7	II
Мнюта	То же	0,038	—	5,20	5:1	2,8	
Каравайно	Эвтрофное	0,010	—	1,51	1:2	3,9	III
Нарочь	Мезотрофное	0,014	1,5	0,80	0,5:1	7,4	
Рудаково	Мезотрофное с признаками олиготрофии	0,010	0,8	0,50	0,25:1	6,5	
Болдук	То же	0,020	0,4	1,58	2:1	4,2	

Для озер этой группы характерно высокое содержание кислорода в течение года, прозрачность выше 4 м, низкое содержание фосфатов (около 0,01 мг P/л), биомасса зоопланктона несколько выше биомассы фитопланктона или одинакова, БПК₅ не более 2 мг O₂/л. Однако в некоторых озерах этой группы уже отмечаются признаки антропогенного эвтрофирования. В оз. Нарочь за последние 20 лет величины количественного развития фитопланктона существенно не изменились, но структура фитопланктонного сообщества заметно перестроилась, что свидетельствует о некотором нарушении устойчивости экосистемы озера и о намечающемся его эвтрофировании [10]. К изменениям, очевидно, обусловленным антропогенным эвтрофированием, можно отнести постепенное увеличение в погруженной растительности удельного веса элоден канадской (*Elodea canadensis* Michx), а также появление и широкое расселение в отдельных районах литорали нитчатых водорослей (*Cladophora*). В последнее десятилетие наблюдается снижение прозрачности в оз. Нарочь. По данным БТГМЦ, в начале 60-х годов максимальная прозрачность достигала 13—14 м, а минимальная не понижалась ниже 7 м; в 70-е годы максимальная прозрачность не превышала 9 м.

Проведенные исследования дают основания считать, что высокая степень хозяйственного использования территории Белоруссии стимулирует появление признаков антропогенного эвтрофирования во всех типах водоемов, в том числе и в мезотрофных.

Быстрота и интенсивность проявления процессов эвтрофирования и загрязнения зависят не только от массы и продолжительности поступления соответствующих веществ с водосборов, но и от генетических особенностей водоема и его продукционного типа [11]. Наиболее подвержены антропогенной трансформации мелководные высокоэвтрофные озера (Забельское), а также мезотрофные с признаками олиготрофии, глубокие, ярко стратифицированные (Круглик). Слабое ветровое перемешивание и преобладание восстановительных условий в мощном гипolimнионе благоприятствуют накоплению в них биогенных элементов и органического вещества, резко сокращают возможность самоочищения.

Относительная устойчивость мезотрофных крупных, слабостратифицированных озер (Нарочь) при прочих равных условиях объясняется интенсивным ветровым перемешиванием и сохранением окислительных условий в течение всего года, а также преобладанием в прибрежных фитоценозах погруженной растительности, которая создает своего рода барьер на пути распространения эвтрофирующих веществ в открытую часть водоема.

ЛИТЕРАТУРА

1. Россолимо Л. Л. Изменение лимнических экосистем под воздействием антропогенного фактора.— М., 1977.
2. Шилькрот Г. С. Типологические изменения режима озер в условиях культурных ландшафтов.— М., 1979.
3. Антропогенное воздействие на малые озера.— Л., 1980.
4. Якушко О. Ф., Шаблинская З. К., Романов В. П.— В сб.: Антропогенное эвтрофирование природных вод. Черноголовка, 1977, т. 2, с. 167.
5. Маккентун И.— В кн.: Фосфор в окружающей среде. М., 1977, с. 666.
6. Томас Ю. А.— В кн.: Фосфор в окружающей среде. М., 1977, с. 640.
7. Aulenbach D. B., Clesceri N. J.— Chemistry of water supply treatment and distribution: Ann. Arboh Mich, 1975.
8. Shindler D. W., Lean D. R. S. Biological and chemical mechanisms in eutrophication of freshwaters lakes: Ann. New. York. Acad. Sci., 1974.
9. Никулина В. Н., Гутельмахер Б. Л.— В кн.: Общие основы изучения водных экосистем. Л., 1979, с. 223.
10. Михеева Т. М., Ганченкова А. П.— Вестн. Белорусского ун-та. Сер. 2, хим., биол., геогр., 1979, № 3, с. 34.
11. Покровская Т. Н.— Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1978, № 2, с. 46.