

**ФАКТОРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГИДРОБИОЦЕНОЗОВ  
ОЗЕР СУХОСТЕПНОЙ ПОДЗОНЫ ОБЬ-ИРТЫШСКОГО  
МЕЖДУРЕЧЬЯ**

**Н.И. Ермолаева, Е.Ю. Зарубина, В.В. Кириллов, Д.М. Безматерных,  
Е.Ю. Митрофанова, О.Н. Вдовина, Г.В. Винокурова, Л.А. Долматова, М.И. Соколова**

*Институт водных и экологических проблем СО РАН,  
ул. Молодежная, 1, г. Барнаул, 656038, Россия. E-mail: hope413@mail.ru*

Проведено комплексное исследование экосистем семи озер, расположенных в сухостепной подзоне Алтайского края. Показана значительная вариабельность локальных факторов, влияющих на формирование гидробиоценозов малых озер. Определяющими факторами для формирования гидроэкосистем в сухостепной подзоне являются рН и минерализация. На локальном уровне различное сочетание внешних физических и химических факторов оказывает наибольшее влияние на формирование и функционирование экосистем малых озер и отдельных звеньев экосистемы, определяя их видовое разнообразие, продукционные характеристики и количественное соотношение различных компонентов.

**FACTOR CHARACTERISTICS OF HYDROBIOCENOSES OF THE  
SMALL LAKES IN DRY-STEPPE SUBBAND OF THE OB-IRTYSH  
INTERFLUVE**

**N.I. Yermolaeva, E.Yu. Zarubina, V.V. Kirillov, D.M. Bezmaternykh, E.Yu. Mitrofanova,  
O.N. Vdovina, G.V. Vinokurova, L.A. Dolmatova, M.I. Sokolova**

*Institute for water and environmental problems Siberian Branch of the Russian Academy of Science,  
Molodezhnaya Str., 1, Barnaul 656038 Russia. E-mail: hope413@mail.ru*

The complex examination of ecosystems of seven lakes located in dry-steppe subband of Altai Krai was carried out. The considerable variability of the local factors influencing formation of hydrobiocenoses of small lakes was shown. Mineralization and pH are the main factors for formation of hydroecosystems in dry-steppe subband. Different combination of external physical and chemical factors at the local landscape has the greatest impact on formation and functioning of ecosystems of small lakes and separate links of an ecosystem, defining their specific variety productional characteristics and the quantitative ratio of different components.

**Введение**

На территории южной части Обь-Иртышского междуречья насчитывается более 38,8 тыс. озер с суммарной площадью до 31,4 тыс. км<sup>2</sup>. Озера являются накапливающими элементами ландшафта, их экосистемы во многом зависят от почвенных и геохимических процессов в пределах бассейна, обусловленных климатом (Россолимо, 1964). В большей, чем в других лимнических системах, степени от климатических факторов зависит функционирование биоценозов мелководных озер. Природные

зоны и подзоны равнинных территорий являются, прежде всего, продуктом климата. Влияние климатических факторов на состав, структуру и функционирование озерных экосистем является комплексным. Они находятся в тесной взаимосвязи с другими абиотическими факторами (Вдовина, Безматерных, 2017). Степная зона юга Обь-Иртышского междуречья делится на подзоны (с севера на юг): умеренно-засушливо-степная, засушливо-степная и сухостепная (Цимбалей, Винокуров, 1988). Исследованные озера находятся в сухостепной подзоне.

Основной целью представленной работы было выявление ведущих факторов среды, определяющих биопродуктивность различных компонентов экосистем малых озер в сухостепной ландшафтно-климатической подзоне юга Западной Сибири.

### Материалы и методы

Исследованы экосистемы семи озер, расположенных в подзоне засушливой Кулундинской степи: Горькое, Заливное, Балансор, Большой Тассор, Коростелевское, Ляпуниха и Шуба. В данной ландшафтно-климатической подзоне находятся бессточные мелководные (от 0,3–0,5 до 1,3–1,5 м) солоноватые и горько-соленые озера, занимающие эрозионные реликтовые понижения и дефляционные котловины (табл. 1). Еще в недавнем прошлом это понижение было занято крупным мелководным озером, к настоящему времени этот водоем настолько обмелел, что представляет собой сплошные солончаки и болота с цепочкой остаточных озер. Озера исследованы в ходе экспедиции в июле 2017 г.

Таблица 1

Координаты и морфометрические характеристики озер Угловского района

Озеро	Координаты	Площадь акватории, км <sup>2</sup>	Максимальная площадь акватории, км <sup>2</sup>	Максимальная глубина, м
Коростелевское	51.143430, 80.191088	1,84	2,67	1,5
Большой Тассор	51.085502, 80.230987	0,57	1,33	0,6
Ляпуниха	51.181893, 80.065141	1,24	23,15	2,3
Шуба	51.165686, 80.080015	0,77	7,72	2,3
Балансор	51.162325, 80.364700	0,04	1,45	0,1
Горькое	51.215623, 80.335107	2,16	4,72	1,2
Заливное	51.182996, 80.300057	0,11	1,10	1,0

Отбор проб фитопланктона производили зачерпыванием воды с поверхности. Фиксацию и обработку проб проводили по стандартной методике (Руководство..., 1992). Пробы водорослей с поверхности макрофитов и ила отобраны стандартными гидробиологическими методами (Руководство..., 1992). Биомассу водорослей рассчитывали счетно-объемным методом.

Сбор, гербаризация и геоботанические описания макрофитов были проведены стандартными методами (Руководство..., 1992). Продукция исследовалась методом укусов на пробных площадках размером 0,25 м<sup>2</sup> в доминирующих фитоценозах. Все укусы высушивали до воздушно-сухого веса. Годовую продукцию макрофитов рассчитывали по формуле, предложенной И.М. Распоповым (1973).

Сбор зоопланктона производился процеживанием 100 л воды через сеть Апштейна (№ сети 77, размер ячеек 64 мкм). Пробы фиксировали 4% формалином и брабатывали общепринятыми методами (Руководство..., 1983; 1992).

Макрозообентос собирали и обрабатывали по стандартным гидробиологическим методикам (Руководство..., 1992). Количественные пробы отбирали дночерпателем ГР-91 с площадью захвата 0,007 м<sup>2</sup> (по 2 повторности в каждой точке).

### Результаты и обсуждение

Характерной особенностью гидрологического режима озер сухостепной подзоны является колебание уровня воды. Экосистемы озер этой области подвержены циклическим сукцессиям (Максимов, 1989), которые определяются соответственной циклическостью гидрологического режима озер, обоснованной А.В. Шнитниковым (1957). Уровень озер периодически снижается, что сказывается на мелководных озерах особенно сильно.

По солевому составу воды озера самые разнообразные, от пресных до гипергалинных. Основным источником поступления солей служат грунты, засоленность которых держится в пределах 0,1–1,5% (Поползин, 1965). На долю соленых озер (с общей минерализацией более 1 г/л) приходится около 10%. (Поползин, 1967). Вода исследованных озер в момент исследования по ионному составу по классификации О.А. Алекина (1970) относится к гидрокарбонатно-натриевым I типа (оз. Коростелевское, Шуба, Ляпуниха) и хлоридно-натриевым I и III типа (Большой Тассор, Балансор, Горькое, Заливное) водам (табл. 2). По минерализации (Алекин, 1970) оз. Ляпуниха и Шуба относятся к  $\beta$ -мезогалинным солоноватым водам, оз. Коростелевское и Заливное – к  $\alpha$ -мезогалинным солоноватым водам, оз. Горькое и Большой Тассор – к полигалинным соленым водам, а вода оз. Балансор – к ультрагалинным соленым или рассолам.

Таблица 2

Химический состав поверхностного слоя воды озер Угловского района Алтайского края, 11–13 июля 2017 г.

Название озера	рН	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	ΣNa <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	Σи
		мг/дм <sup>3</sup>				мг/дм <sup>3</sup>			
Коростелевское	8,75	39,1	1926	688	1066	30,5	41,40	1739	5531
Большой Тассор	8,15	<1,00	190	11 536	7304	967	1576	7571	29 145
Ляпуниха	8,60	4,24	779	173	45,4	42,8	89,6	231	1364
Шуба	8,90	26,1	1185	379	141	28,5	66,1	676	2502
Балансор	7,40	196	1182	237 936	5900	1527	27 187	113 717	387 644
Горькое	9,10	196	3064	7390	1028	25,5	362	6389	18 455
Заливное	8,95	22,8	1240	4146	575	35,6	460	2759	9239

Проведено комплексное обследование гидробиоценозов озер. Краткое описание для каждого озера приведено ниже.

#### **Коростелевское озеро.**

В фитопланктоне выявлено по 13 таксонов водорослей с преобладанием зеленых водорослей, диатомей и цианобактерий. Численность была высокая за счет развития мелкоклеточных цианобактерий (935,0–4704,0 тыс. кл./л), при этом биомасса, напротив – низкая (128,6–406,1 мг/м<sup>3</sup>) с наибольшим вкладом зеленых водорослей. Доминантный комплекс по численности состоял полностью из представителей цианобактерий *Microcystis aeruginosa*, *Synechocystis aquatilis*, *Microcystis pulverea*,

по биомассе – зеленых и цианобактерий *Pediastrum boryanum* var. *cornutum*, *Ulnaria ulna*, *M. aeruginosa*, *S. aquatilis*. В обрастаниях тростника и на поверхности ила выявлено предельно низкое число видов фитобентоса: 4 вида цианобактерий, 3 вида диатомовых и 2 вида зеленых водорослей. Структурообразующими и доминирующими видами как на тростнике, так и на поверхности ила являются *Cladophora glomerata*, *Nostoc pruniforme*, *Stigonema informe*. Биомасса обрастаний на тростнике достигала 402,9 г/м<sup>2</sup>.

В озере Коростелевском и его прибрежной полосе обнаружено 9 видов водных и прибрежно–водных растений из 7 семейств и 2 отделов: зеленые водоросли (Chlorophyta) и цветковые (Magnoliophyta). На основной акватории водоема до глубины 1,2 м доминирует рдест гребенчатый (*Potamogeton pectinatus* L.). Проективное покрытие в сообществах рдеста невысокое около 20–30%. Величина, образуемой рдестами продукции в воздушно–сухом весе составляет 144 г/м<sup>2</sup> в год. Вдоль берегов озера отмечены заросли тростника южного (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.), образующего бордюры шириной 50–100 м. Проективное покрытие в тростниковых ценозах составляет около 80%. Годовая продукция достигает 1809,6 г/м<sup>2</sup>. Тип зарастания озера – бордюрный, площадь зарастания около 5% площади водоема.

Численность зоопланктона составила 56–90 тыс. экз./м<sup>3</sup> при биомассе 4,5–11,9 г/м<sup>3</sup> за счет массового развития крупных рачков *Daphnia magna* Straus и *Arctodiaptomus salinus* (Daday) (в сумме составляющих почти 90% биомассы).

В бентосе обнаружено 12 видов гидробионтов из 8 таксономических групп (6 видов хирономид, 3 вида клопов, по 1 виду ракообразных, жуков и ручейников). Количество видов беспозвоночных в зообентосе было сравнительно невысоким (от 1 до 4 видов в пробе). Доминировали по численности и биомассе *Chironomus* sp., *Cryptochironomus* gr. *defectus*, *Psectrocladius* (P.) s. f. *litofiles*. Значения численности зообентоса в озере изменялось в пределах 0,28–0,85 тыс. экз./м<sup>2</sup>, биомассы 1,0–2,72 г/м<sup>2</sup>.

#### **Озеро Большой Тассор.**

В фитопланктоне выявлено 4 таксона водорослей: цианобактерии, зеленые и диатомовые водоросли. Доминировали *Merismopedia punctata*, *M. aeruginosa*, *Coelastrum microporum*, *Cryptomonas* sp. Численность фитопланктона была невысокая 144,0–262,5 тыс. кл./л, как и биомасса 1,2–12,6 мг/м<sup>3</sup>. В фитобентосе на поверхности серого ила выявлено 6 видов цианобактерий, 4 вида диатомовых, 2 вида зеленых и 1 вид эвгленовых водорослей. Структурообразующими и доминирующими видами на поверхности ила являются *C. glomerata*, *Ulothrix tenuissima*, *Lyngbya hieronymusii*, *Gyrosigma acuminatum*. Биомасса обрастаний, образующих обширные водорослевые маты в виде полос шириной до 10 м вдоль береговой линии, достигала 159,2 г/м<sup>2</sup>. Погруженных макрофитов не обнаружено. На сыром обсыхающем берегу разреженные заросли тростника южного (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.) с проективным покрытием менее 15%. Продуктивность этих сообществ очень низкая – 297,6 г/м<sup>2</sup> в год. Зарастание озера макрофитами около 3%, из них 2% – составляют сообщества зеленых нитчатых водорослей и 1% – тростники.

Численность зоопланктона составила 133–326 тыс. экз./м<sup>3</sup> при биомассе 10–22 г/м<sup>3</sup> за счет массового развития *Moina microphtalma* Sars (75–90% биомассы). Из веслоногих рачков доминировал *Mixodiaptomus incrassatus* (Sars G.O.) (15–16% от общей численности, 5% от общей биомассы).

В составе макрозообентоса обнаружено 6 видов из трех таксономических групп (3 вида хирономид, 2 вида комаров–мокрецов и 1 вид жуков). Количество видов в зообентосе было невысоким (от 1 до 5 видов в пробе). Уровень развития

зообентоса озера также невысокий, численность донных беспозвоночных варьировала от 0,71 до 7,86 тыс. экз./м<sup>2</sup>, биомасса от 0,29 до 1,87 г/м<sup>2</sup>. По численности и биомассе доминировали *Cladotanytarsus* sp., *Palpomyia (P) lineate*, *Hygrotus* sp.

#### **Озеро Ляпуниха.**

В фитопланктоне выявлен 31 таксон водорослей. Значимыми по числу видов были зеленые, диатомовые водоросли и цианобактерии с заметным преобладанием первых. Доминировали *M. pulvereae*, *Glenodinium quadridens*, *M. punctata*, *Cosmarium rectangulare*, *Oocystis borgei*. Стоит отметить появление эвгленовых, в том числе *Euglena deses* Ehr., *E. ehrenbergii* Klebs и *Lepocinclis fusiformis* (Carter) Lemm. Численность фитопланктона была высокая (293,3–9177,0 тыс. кл./л), преобладали мелкоклеточные цианобактерии, при этом биомасса была особенно высокая (до 10,8 г/м<sup>3</sup>) за счет вклада крупных клеток эвгленовых водорослей. В фитоэпифитоне, образующем обильные обрастания на тростнике, выявлено 42 вида: 8 видов цианобактерий, 24 вида диатомовых, 10 видов зеленых водорослей. Доминирующими видами являются диатомовые водоросли *Rhopalodia gibba* (59,6% общей биомассы), *Epithemia sorex* (8,1%). Биомасса обрастаний на тростнике достигает 6,8 г/м<sup>2</sup>. Среди водной и прибрежно-водной растительности обнаружено 10 видов из 9 семейств и 2 отделов – харовые водоросли (Charophyta) и цветковые (Magnoliophyta). Среди жесткой полупогруженной растительности доминируют сообщества *Ph. australis*. Проективное покрытие в сообществах тростника составляет около 50%, годовая продукция – 1308,4 г/м<sup>2</sup>. Погруженная растительность в прибрежной зоне представлена сообществами пузырчатки обыкновенной (*Utricularia vulgaris* L.), в сочетании с *P. pectinatus* и *Najas marina* L. На основной акватории водоема на глубине до 2,5 м обширные заросли образует *Potamogeton macrocarpus* Dobroch с проективным покрытием около 30%, в нижнем ярусе в этих сообществах доминируют харовые водоросли (*Chara* sp.), образующие сплошной ковер по всему дну водоема. Годовая продукция рдестов 931 г/м<sup>2</sup>, харовых – 960 г/м<sup>2</sup>. Тип зарастания – массивно-зарослевый. Растительность занимает около 80% площади водоема.

Максимальная численность зоопланктона составила 28 тыс. экз./м<sup>3</sup> (за счет массового развития коловраток *Pompholyx complanata* Gosse (37% от общей численности) и *Keratella cochlearis* (Gosse) (20%), а биомасса – 0,3 г/м<sup>3</sup> (за счет *Moina microphthalma* Sars (49% от биомассы) и *Arctodiaptomus dentifer* (Smirnov) (45%)). В целом зоопланктон представлен эвритопными формами. В составе донных макробеспозвоночных выявлено 10 видов из 3 таксономических групп (7 видов хирономид, 2 вида комаров–мокрецов и 1 вид моллюсков). Количество видов было невысоким (от 1 до 5 видов в пробе). Численность изменялась в пределах 0,14–5,42 тыс. экз./м<sup>2</sup>, биомасса – 0,01–1,43 г/м<sup>2</sup>. Доминировали *Cladotanytarsus* sp. и *Cryptotendipes* sp.

#### **Озеро Шуба.**

В составе фитопланктона выявлено 22 таксона водорослей из шести отделов: значимыми по числу видов были зеленые водоросли и цианобактерии с заметным преобладанием первых. Здесь также присутствовали представители эвгленовых водорослей – *Lepocinclis ovum* (Ehr.) Mink и *Euglena pisciformis* Klebs. Последний вид по данным определителей часто обитает в загрязненных прудах. Численность фитопланктона была невысокая (630,0–1155,8 тыс. кл./л), преобладали мелкоклеточные цианобактерии, при этом биомасса, напротив – была высокая за счет вклада крупных клеток эвгленовых водорослей (до 3,8 г/м<sup>3</sup>). Доминантный комплекс по биомассе состоял из эвгленофитов и зеленых водорослей (*L. ovum*, *Monoraphidium griffithii*, *E. pisciformis*, *Tetraedron triangulare*). В фитоэпифитоне на тростнике

выявлено 12 видов цианобактерий, 16 видов диатомовых, 5 видов зеленых и 1 вид эвгленовых водорослей. На тростнике биомасса водорослей эпифитона достигает 6,6 г/м<sup>2</sup>. Доминировали *Epithemia Epithemia turgida* (Ehr.) Kütz., *Stratonostoc linckia* (Bornet ex Bornet & Flahault) Elenk., *Leptochaete stagnalis*. На поверхности ила массово развивалась *C. glomerata*.

Для озера Шуба характерен займищный тип зарастания. Площадь зарастания около 50%, из них 35% – полупогруженной растительностью и 15% – погруженной. Вдоль берегов на глубине от 0,5 до 1,0 м широкие полосы образует клубнекамыш плоскостебельный (*B. planiculnus* (Smidt.) Egor.) с проективным покрытием 40–45%. За полосой клубнекамыша обширные заросли *Ph. australis* и *Typha angustifolia* L. Проективное покрытие в тростниковых сообществах около 40–50%, годовая продукция – 1694,4 г/м<sup>2</sup>. В нижнем ярусе погруженной растительности отмечены *N. marina* и *P. pectinatus*, последний образует также и моновидовые сообщества на глубине до 1,5 м по всей акватории водоема. Проективное покрытие в сообществах рдеста до 60%, однако величина годовой продукции не превышает 41,6 г/м<sup>2</sup>.

Численность зоопланктона составила 700–890 тыс. экз./м<sup>3</sup>, биомасса 1,7–3,1 г/м<sup>3</sup>. Зоопланктон представлен практически исключительно эврибионтными формами. Доминировали по численности *Brachionus calyciflorus* Pallas (59–72%), *Polyarthra dolichoptera* Idels (12%) и *Pompholyx complanata* Gosse (до 8%). В зообентосе обнаружено 4 вида из 4 таксономических групп (по одному виду пауков, клопов, хирономид, и комаров–мокрецов). Количество видов было низким (до 2 видов в пробе). По численности и биомассе доминировали хирономиды. Значения численности колебались в пределах 0,28–1,0 тыс. экз./м<sup>2</sup>, биомассы – 1,0–3,42 г/м<sup>2</sup>.

#### **Озеро Балансор.**

В составе фитопланктона было выявлено всего три таксона из трех отделов. Доминировал галофильный вид *Dunaliella salina* Teod. Здесь также присутствовали неизвестные шаровидные цианобактерии и единичные клетки диатомеи *Achnanthisidium minutissimum*. Численность и биомасса были невысокими (288,0 тыс. кл./л и 47,0 мг/м<sup>3</sup>, соответственно). На поверхности ила выявлен 1 вид цианобактерий, 1 вид диатомовых, 7 видов зеленых, 3 вида эвгленовых водорослей. Всего 12 видов из четырех отделов. Доминировали *D. salina*, *Thoracomonas irregularis*, *Platymonas contracta*. Биомасса водорослей бентоса составляла 0,4 г/м<sup>2</sup>. Макрофитов в озере не обнаружено. В прибрежной полосе на влажном обсыхающем берегу отмечены разреженные заросли *Ph. australis* и *Suaeda prostrata* Pall. Ширина зарослей не превышает 5–7 м, проективное покрытие в верхнем ярусе, образованном тростником, менее 35%. Проективное покрытие нижнего яруса, образованного сведой около 80%. Годовая продукция этих сообществ не превышает 201,6 г/м<sup>2</sup>.

Численность зоопланктона на отдельных участках достигала 6600 экз./м<sup>3</sup> при биомассе 29700,0 мг/м<sup>3</sup> за счет развития жаброногих рачков *Artemia sp.* Численность цист составила 448000 экз./м<sup>3</sup>. Размер цист колебался в пределах 0,21–0,24 мм. Зообентоса в озере Балансор не выявлено.

#### **Озеро Горькое.**

В фитопланктоне выявлено 4 таксона водорослей из двух отделов: зеленые водоросли и цианобактерии. Численность и биомасса низкие (37,5–42,2 тыс. кл./л и 2,2–8,5 мг/м<sup>3</sup>). Доминировали *Kirchneriella lunaris*, *Chlamydomonas sp.*, *R. subcapitata* и шарообразные цианобактерии, вид которых пока установить не удалось. В фитоэпифитоне, образующем мощные обрастания на макрофитах, выявлено 12 видов цианобактерий, 5 видов диатомовых, 7 видов зеленых, 1 вид эвгленовых водорослей. Структурообразующими и доминирующими видами как на тростнике, так

и в скоплениях водорослей на поверхности воды являлись *C. glomerata*, *Stigeoclonium elongatum*, *S. lubricum*, *S. informe*, *N. pruniforme*. Биомасса обрастаний на тростнике достигала 83,6 г/м<sup>2</sup>. Для озера Горькое характерен бордюрный тип зарастания макрофитами. Разреженные заросли *Ph. australis* образуют бордюры вдоль берегов озера на глубине около 0,5 м. Проективное покрытие в этих сообществах не превышает 25%, годовая продукция – 72 г/м<sup>2</sup>. В береговой полосе широко распространен клубнекамыш (*Bolboschoenus* sp.).

Численность зоопланктона в прибрежной зоне достигала 77 тыс. экз./м<sup>3</sup>, биомасса – более 5 г/м<sup>3</sup>. В открытой части озера численность зоопланктона составила 41,2 тыс. экз./м<sup>3</sup>, биомасса – 2,8 г/м<sup>3</sup>. По численности и биомассе доминировал *Arctodiaptomus salinus* (Daday) (91–98% численности и 66–72% биомассы). 24–27% биомассы приходится на долю крупных ветвистоусых *Daphnia magna* Straus. Коловратки отмечены единично и только галофильный вид *Brachionus plicatilis plicatilis* Müller. В составе макрозообентоса обнаружено 4 вида из семейства хирономид. Доминировали *Chironomus* sp., *Cryptotendipes* sp., *Microchironomus* sp. Для озера отмечены низкие значения численности (0,14–0,57 тыс. экз./м<sup>2</sup>) и биомассы (0,01–0,21 г/м<sup>2</sup>) зообентоса.

#### **Озеро Заливное.**

В фитопланктоне выявлено 16 таксонов водорослей из пяти отделов. Значимыми по числу видов были цианобактерии, диатомовые и зеленые водоросли с заметным преобладанием первых. Из цианобактерий присутствовали в основном мелкоклеточные колониальные представители родов *Microcystis*, *Merismopedia*, *Gloeocapsa*. Численность была высокая 4713,5–8312,5 тыс. кл./л, преобладали мелкоклеточные цианобактерии. При этом биомасса, напротив, была низкая (231,5–413,8 мг/м<sup>3</sup>), за счет вклада зеленых водорослей и клеток эвгленовых водорослей. Доминантный комплекс по численности состоял только из цианобактерий *Merismopedia tenuissima*, *Chroococcus minutus*, *Merismopedia punctata*, по биомассе – из зеленых и эвгленовых *Monoraphidium arcuatum*, *Monomorphina pyrum*, *Euglena* sp., *K. lunaris*, *R. subcapitata*. В эпифитоне выявлено 13 видов цианобактерий, 12 видов диатомовых, 4 вида зеленых, 1 вид эвгленовых водорослей. Доминирующими видами на тростнике и на дне озера являлись *C. glomerata*, *S. informe*, *N. pruniforme*. Биомасса обрастаний на тростнике достигала 431,7 г/м<sup>2</sup>. Озеро практически не зарастает макрофитами. На влажном берегу редкие экземпляры *Ph. australis*. На мелководье (глубина 0,1–0,15 м) разреженные сообщества образуют рупия (*Ruppia* sp.) и харовые водоросли (*Chara* sp.), изредка среди них встречаются отдельные экземпляры рдеста гребенчатого (*Potamogeton pectinatus* L.). Проективное покрытие в этих сообществах очень низкое – 20–30%. Сообщества рупии встречаются в виде небольших пятен по всей акватории водоема. Однако в виду небольших размеров (не больше 10 см) и низкому проективному покрытию продуктивность этих сообществ не высокая.

Численность зоопланктона достигала 237,8–309,6 тыс. экз./м<sup>3</sup>, биомасса – 13,5–17,7 г/м<sup>3</sup>, за счет массового развития *Arctodiaptomus salinus* (Daday) (63–69% от общей численности и 72–75% от общей биомассы). Видовое разнообразие зоопланктона невысокое. В составе макрозообентоса обнаружено 9 видов из 3 таксономических групп (5 видов хирономид, по 2 вида жуков и клопов). Количество видов беспозвоночных животных в бентосе от 2 до 5 в пробе. Доминировали *Chironomus* гр. *plumosus*, *Procladius* sp., *Berosus* sp. В открытой части водоема зарегистрированы высокие значения численности 9,29–11,1 тыс. экз./м<sup>2</sup>, и биомассы 29,7–43,6 г/м<sup>2</sup>, за счет массового развития личинок хирономид *Chironomus* гр. *plumosus*. В литорали

значения численности и биомассы составили 0,43–2,14 тыс. экз./м<sup>2</sup> и 0,17–4,71 г/м<sup>2</sup> соответственно.

Таким образом, озера, находящиеся в одной и той же ландшафтно-климатической подзоне, сосредоточенные на сравнительно небольшой площади (750 км<sup>2</sup>), разительно отличаются друг от друга по составу и степени развития как гидробиоценозов в целом, так и их отдельных составляющих.

Ранее нами было установлено, что определяющими факторами для формирования суммарной продукции водных экосистем в сухостепной подзоне являются рН и минерализация, объясняя в сумме 94% изменчивости (Ермолаева и др., 2017). Сделана попытка оценить роль каждого изученного фактора в количественной изменчивости различных групп гидробионтов конкретно в данной подзоне. Количественные показатели при проведении анализа учитывали по биомассе, поскольку в каждой группе есть организмы, значительно различающиеся по размерам и по индивидуальной массе.

Дисперсионный анализ показал, что биомасса фитопланктона во время вегетационного сезона в исследованных озерах в некоторой степени связана с содержанием растворенного в воде кислорода и концентрацией органических веществ (по БПК<sub>5</sub>), при этом не зависит от суммарной минерализации, даже откликаясь ростом показателей биомассы отдельных групп (как правило, зеленых и синезеленых) на увеличение солености (табл. 3). Прозрачность и температура не показали значимой связи ни с одной из групп гидробионтов, возможно, из-за мелководности озер, способствующей равномерному и быстрому прогреву водной массы и из-за отсутствия эвфотического слоя. Уровень минерализации воды в озерах не оказал существенного влияния на продуктивность автотрофных организмов. Количественные показатели фитобентоса и фитоэпифитона показали зависимость от глубины водоема. Наиболее чувствительными к факторам среды оказались зоопланктон и зообентос (см. табл. 3).

Таблица 3

**Критерий Фишера (F) и величина достоверности аппроксимации (P)**

	рН	глубина	минерализация	O <sub>2</sub>	БПК <sub>5</sub>	Са
Биомасса фитопланктона				F = 3,17; P = 0,044	F = 2,77; P = 0,048	
Биомасса фитоперифитона		F = -7,43; P = 0,009			F = 7,43; P = 0,009	F = 2,00; P = 0,019
Годовая продукция макрофитов				F = 2,01; P = 0,049		F = 2,37; P = 0,014
Биомасса зоопланктона	F = 4,26; P = 0,043		F = 4,94; P = 0,038		F = 4,19; P = 0,041	F = 6,00; P = 0,016
Биомасса бентоса			F = 1,39; P = 0,046	F = 109,26; P < 0,000	F = 141,34; P < 0,000	

Биомасса бентоса оказалась тесно связана с кислородным режимом озер и с количеством органического вещества, и до некоторой степени с минерализацией вод. Величина минерализации оказывает существенное влияние на таксономический состав гидробионтов, при ее увеличении количество видов в озерах, как правило, убывает (Williams, 1998).

Показатели биомассы зоопланктона в данной конкретной зоне показали некоторую зависимость от уровня минерализации и рН, однако в первую очередь при увеличении минерализации достоверно снижается только число видов, что



подтверждает ранее сделанные выводы (Ермолаева, 2010). А количественные характеристики в отдельных озерах даже увеличиваются. Хотя трофическая структура упрощается. Из ионов для зоопланктона в озерах сухостепной подзоны наиболее значимыми оказались концентрации гидрокарбонатов ( $F = 6,87$ ;  $P = 0,016$ ) и сульфатов ( $F = 6,43$ ;  $P = 0,014$ ). Можно предположить, что доминирование хлорида натрия практически во всех озерах исследованной зоны создает некий фон, определяющий средние показатели зоопланктона, а варибельность остальных ионов создает варибельность среды, определяющую итоговый количественный и видовой состав планктона.

Среди автотрофных организмов наблюдается конкуренция, неоднократно описанная в работах различных авторов. Так, при анализе зависимости фитопланктона от макрофитов мы получаем  $F = -18268,96$  при  $p = 0,000055$ . Анализ взаимозависимости фитобентоса и макрофитов тоже дает нам довольно высокие показатели критерия Фишера:  $F = -87,79727$  при  $p = 0,001779$ .

### Заключение

В результате проведенных исследований установлено значительное разнообразие экосистем семи озер, расположенных на небольшой территории в пределах Угловского района Алтайского края.

В условиях юга Западной Сибири наблюдается значительная варибельность зональных и локальных факторов, влияющих на формирование гидробиоценозов малых озер. В каждой ландшафтной зоне и подзоне видовой и количественный состав гидробионтов зависит от индивидуального сочетания факторов. Определяющими факторами для формирования гидроэкосистем в сухостепной подзоне являются рН и минерализация. На локальном уровне различное сочетание внешних физических и химических факторов оказывает наибольшее влияние на формирование и функционирование экосистем малых озер и отдельных звеньев экосистемы, определяя их видовое разнообразие продукционные характеристики и количественное соотношение различных компонентов.

### Благодарности

Работа выполнена в рамках госбюджетного проекта ИВЭП СО РАН по научной программе 134.1. при частичной финансовой поддержке гранта РФФИ 17-05-00404.

### Литература

- Алекин О.А. 1970. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеоиздат. 296 с.
- Вдовина О.Н., Безматерных Д.М. 2017. Макрозообентос озер сухостепной подзоны Обь-Иртышского междуречья (Угловский район Алтайского края) // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. № . 4(47). С. 62–68.
- Ермолаева Н.И. 2010. Особенности распределения зоопланктона в озерах различной минерализации Барабинско-Кулундинской озерной провинции (юг Западной Сибири) // Экология водных беспозвоночных: сборник материалов Международной конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Ф.Д. Мордухай-Болтовского. Борок, 30 октября – 2 ноября 2010 г. Ярославль: Принтхаус. С. 90–93.
- Ермолаева Н.И., Зарубина Е.Ю., Страховенко В.Д., Овдина Е.А., Романов Р.Е., Пузанов А.В. 2017. Влияние абиотических факторов на продуктивность малых озер юга Западной Сибири // Озера Евразии: проблемы и пути их решения. Материалы 1-й Международной конференции (11–15 сентября 2017 г.). Петрозаводск: Карельский научный центр РАН. С. 479–485.
- Максимов А.А. 1989. Природные циклы: Повторяемость экологических процессов. Л.: Наука. 233 с.

- Поползин А.Г. 1965.** Зональная типология озер юга Обь-Иртышского бассейна // Вопросы гидрологии Западной Сибири. Новосибирск: Зап.-Сиб. книжное изд-во. С. 13–62.
- Поползин А.Г. 1967.** Озера юга Обь-Иртышского бассейна. Новосибирск: Зап.-Сиб. книжное изд-во. 350 с.
- Распопов И.М. 1973.** Фитомасса и продукция макрофитов Онежского озера // Микробиология и первичная продукция Онежского озера. Л.: Наука. С. 123–142.
- Россолимо Л.Л. 1964.** Основы типизации озер и лимнологического районирования // Накопление вещества в озерах. М.: Наука. С. 5–46.
- Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. 1983.** Л.: Гидрометеиздат. 157 с.
- Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем. 1992.** СПб.: Гидрометеиздат. 319 с.
- Цимбалей Ю.М., Винокуров Ю.И. 1988.** Ландшафтная дифференциация природной среды // Природно-мелиоративная оценка земель в Алтайском крае. Иркутск: ИГ СО РАН. С. 21–39.
- Шнитников А.В. 1957.** Изменчивость общей увлажненности материков Северного полушария // Записки Географического общества Союза ССР. Т. 16. Новая серия. М. – Л.: Изд-во АН СССР. 337 с.
- Williams W.D. 1998.** Salinity as a determinant of the structure of biological communities in salt lakes // *Hydrobiologia*. V. 381. P. 191–201.