

Планктон соленых озер территории замкнутого стока (юг Западной Сибири, Россия)

Л. В. ВЕСНИНА¹, Е. Ю. МИТРОФАНОВА², Т. О. ЛИСИЦИНА¹

¹Алтайский филиал НИИ водных ресурсов и аквакультуры
656053 Барнаул, просп. Комсомольский, 9; e-mail: artemia@alt.ru

²Институт водных и экологических проблем СО РАН
656038 Барнаул, ул. Молодежная, 1; e-mail: emit@iwer.ab.ru

АННОТАЦИЯ

В работе приводятся результаты исследований планктонных альго- и зооценозов соленых озер территории замкнутого стока юга Западной Сибири, проведенных в 2001–2002 гг. Фито- и зоопланктон крупного оз. Кулундинское и многочисленных озер Кулундинской низменности (12 озер) исследовали в течение вегетационного периода с апреля по октябрь. Выявлены таксономический состав, особенно в пространственно-временной неоднородности сообществ планктонных гидробионтов. Как и ранее (30-е гг. XX в.), в планктоне отмечено преимущественное развитие синезеленых и зеленых водорослей и рачка *Artemia* sp.

ВВЕДЕНИЕ

На юге Западной Сибири находится свыше 12 400 озер. Овально-округлые озера в основном приурочены к суффозионным впадинам, продолговатые расположены в молодых ложбинах стока меридионального простираения, вытянутые – на днищах спущенных озерных котловин, чередуясь с эоловыми грядами [1]. Юго-восточную окраинную часть Барабы и Северной Кулунды занимает Приобское структурно-денудационное плато (абсолютные высоты 140–250 м), расчлененное серией речных долин, балок и оврагов [2]. Климат континентальный, зима малооблачная, холодная, лето жаркое, суммарное количество осадков 250–300 мм/год [3]. В пределах Алтайско-Кулундинской области выделяют две группы озер: Кулундинскую и Бурлинскую [4]. В Кулундинской степи расположено 2955 озер, в основном бессточных [5]. Самым крупным из них является оз. Ку-

лундинское: максимальная площадь зеркала – 770 км², минимальная – 615 км², глубина – до 4,0 м [3], общая минерализация воды в период открытой воды колеблется от 70–100 до 260 г/л. Остальные озера по содержанию солей в воде близки оз. Кулундинскому или превосходят его – до 365 г/л [6]. По классификации солоноватых вод, предложенной Международным симпозиумом в 1958 г., эти водоемы идентифицируются как гипергалинные [7] или, согласно комплексной экологической классификации качества поверхностных вод суши, – как ультрагалинные [8]. Исследование альгоценозов соленых озер Алтая началось в начале XX в. [9–18], отмечено низкое видовое разнообразие в них, массовое развитие нитчаток из синезеленых и зеленых водорослей. Мониторинг рачка *Artemia* sp. на соленых озерах проводится с 2000 г. Сырьевая база диапаузирующих яиц артемии в озерах с разной интенсивностью заготовки биосырья используется с 1986 г.

Фито- и зоопланктон оз. Кулундинское исследовали в период открытой воды с апреля по октябрь 2001–2002 гг. по всей акватории на 20 стандартных станциях (рис. 1) одновременно с измерением температуры, прозрачности и общей минерализации воды. На ст. 1 фитопланктон исследовали в прибрежной и открытой частях озера. Различные по размерам, типу и степени минерализации озера Кулундинской низменности (содовые – Петуховское, Танатар-2; хлоридные – Баужансор, Левый и Правый Близнецы, Горносталево, Иодное, Кучукское, Ломовое, Минестрал, Николаев Берег, Северный залив, Узкое) исследовали ежемесячно. Отбор, фиксацию и обработку проб фито- и зоопланктона, визуальные наблюдения за распределением рачка по акватории озер проводили по стандартным методикам [19, 20]. Для оценки качества воды и определения зоны сапробности рассчитали индекс сапробности методом Пантле и Букка в модификации Сладечека [21, 22]. Накопленные данные по мониторингу рачка *Artemia* sp. стали базой при разработке усовершенствованной методики расчета ОДУ [23].



Рис. 1. Карта-схема оз. Кулундинское с указанием станций отбора проб фито- и зоопланктона в 2001–2002 гг.

В планктонных пробах оз. Кулундинское выявлен 61 вид водорослей из шести отделов: Cyanophyta – 23 вида, Bacillariophyta – 5, Cryptophyta – 1, Xanthophyta – 1, Euglenophyta – 3 и Chlorophyta – 28 видов. Наибольшего разнообразия по числу видов достигали зеленые и синезеленые водоросли. Большинство видов зеленых водорослей относится к классу Chlorococcophyceae (64,3 %) и является истинными планктонами. *Cladophora glomerata* (L.) Kütz., составляющая основную численность и биомассу фитопланктона, относится к фитоперифитону. При массовом развитии ее нити отрываются от субстрата и в большом количестве встречаются в толще воды. Ранее для озера кроме *Cladophora* из обрастателей приводили виды рода *Characium* [24].

Большая часть видов синезеленых водорослей принадлежит классу Hormogoniophyceae (21 вид, или 91,3 %) и обитает как в планктоне, так и эпифитно на нитчатых водорослях. В толще воды развиваются представители класса Chroococcophyceae – *Dactylococcopsis raphidioides* Hansg. и *Gomphosphaeria lacustris* Chod. Остальные четыре отдела водорослей представлены 1–5 видами. Исследование озера ИВЭП СО РАН в июле 1997 г. (оригинальные данные) выявило весьма бедный планктон – 16 видов водорослей из четырех отделов, в том числе 56,3 % от общего состава – зеленых. На втором месте были диатомовые водоросли (31,3 %), причем *Rhopalodia gibberula* var. *mirabilis* Fricke, не отмеченная в 2001–2002 гг., в массе встречалась среди *Cladophora*.

В течение вегетационного периода наибольшее разнообразие водорослей в озере наблюдалось в апреле, июне и сентябре (табл. 1). Весной и в начале лета это было связано, вероятно, с понижением общей минерализации воды (до 70 г/л) во время и после весеннего половодья, осенью – со снижением температуры воды. В 2001 г. наибольшее богатство водорослей в фитопланктоне озера отмечено в июне, в 2002 г. – в апреле, так как весной 2002 г. таяние снега началось раньше и закончилось быстрее ввиду менее снежной зимы. В 2001 г. весеннее половодье наблюдалось в более поздние сроки из-за

Таксономическая структура фитопланктона оз. Кулундинское в 2001–2002 гг., число видов

Отдел	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
Cyanophyta	14	7	11	7	7	15	6
Bacillariophyta	+	1	2	1	2	4	1
Xanthophyta	–	–	1	–	–	–	–
Cryptophyta	+	+	1	1	–	1	–
Euglenophyta	2	–	1	–	–	–	–
Chlorophyta	20	5	5	2	3	11	4
Всего	36	13	21	11	12	31	11

Примечание. Плюс – водоросли определены до рода, минус – представители отдела не отмечены.

многоснежной зимы 2000–2001 гг. Поэтому и наибольшее разнообразие водорослей отмечено позднее.

В целом таксономический состав и соотношение отделов в фитопланктоне оз. Кулундинское в 2001–2002 гг. типичны для водоемов с повышенной минерализацией воды. Кроме видов-индифферентов, присутствующих в водоемах любого типа и составляющих большинство, обнаружены обитатели высокоминерализованных вод – галофилы. Это отмечено как в начале 30-х гг. [11–12], так и в более поздних публикациях [25]. Во многих соленых озерах, расположенных в разных климатических зонах, отмечают лидирование синезеленых и зеленых водорослей. Так, в соленом озере Бардар (Турция), как и в исследованном нами оз. Кулундинское и в оз. Шира [26], из пяти отмеченных отделов водорослей преобладали синезеленые и зеленые [27]. Похожий спектр отделов, а именно преобладание зеленых (32 вида) и синезеленых (18 видов), обнаружен и в 13 минеральных озерах к западу от Байкала [28]. Отмечено, что повышенное содержание солей угнетает развитие водорослей. Наглядно это прослеживается на водоемах со смешанными условиями. Например, в оз. Малые Чаны с меньшей, чем на остальной акватории оз. Чаны, минерализацией воды обнаружен более богатый и обильный фитопланктон [29, 30]. Разнообразный фитопланктон отмечен и в оз. Сартлан, где общая минерализация воды значительно ниже – 1,8 г/л [31].

Численность и биомасса фитопланктона оз. Кулундинское в период с апреля по октябрь 2001 г. изменялись в пределах 0,299–5,010 млн кл./м³ и 0,287–9,593 г/м³, 2002 г. – 0,265–4,388 млн кл./м³ и 0,121–5,799 г/м³ со-

ответственно. Наименьшая численность фитопланктона в 2001 г. зарегистрирована в сентябре, наибольшая – в апреле, в 2002 г. – в мае и апреле соответственно. Обычного для других континентальных водоемов нарастания численности водорослей от весны к осени в эти годы не наблюдалось (рис. 2). Возможно, что в таких озерах в качестве лимитирующего фактора выступает не температура, а общее количество растворенных солей в воде. Так, временное снижение их концентрации во время весеннего половодья привело к увеличению как числа видов в фитопланктоне, так и численности и биомассы водорослей, тогда как в наиболее жаркие и безводные летние месяцы разнообразие и обилие фитопланктона резко снижаются.

В развитии фитопланктона озера наблюдалось два максимума – позднеосенний, который в зависимости от условий года мог сдвигаться на начало календарного лета, и летне-осенний (см. рис. 2). Первый максимум обусловлен развитием нитчатых синезеленых водорослей – *Lyngbya martensiana* Menegh.



Рис. 2. Изменение численности фитопланктона в оз. Кулундинское на ст. 1 (прибрежная) в 2001–2002 гг.

(до 75,7 % от общей численности), *L. aestuarii* (Mert.) Leibm. (до 55,6 %), а также *L. lutea* (Ag.) Gom., *Oscillatoria geminata* (Menegh.) Gom., *O. limosa* Ag. Как известно, синезеленые водоросли при массовом развитии ингибируют развитие других водорослей [32]. Поэтому при снижении их количества возрастает разнообразие фитопланктона, как это наблюдалось в июне. К осени некоторые виды синезеленых выпадают из состава фитопланктона. На смену им приходят одноклеточные и нитчатые зеленые водоросли. Последние имеют более крупные клетки, но количество их невелико, что находит отражение в биомассе фитопланктона, которая увеличивается к октябрю с преобладанием *S. glomerata* (45,8–96,1 %). Эта нитчатка вегетирует до глубокой осени. Следует отметить, что *S. glomerata* и *L. martensiana* встречались почти во всех пробах, составляя вместе в некоторые периоды года до 90 % численности и 95 % биомассы.

Численность и биомасса фитопланктона существенно различаются на прибрежных и открытых участках озера – на последних количество фитопланктона значительно ниже, как, например, на ст. 1 (рис. 3). В литорали большую долю в численности и биомас-

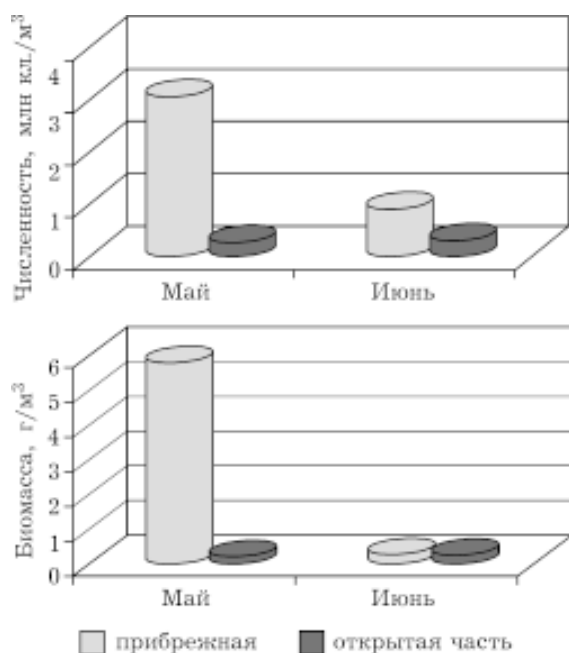


Рис. 3. Численность и биомасса фитопланктона в прибрежной и открытой части оз. Кулундинское (ст. 1) в 2002 г.

се фитопланктона имеет *S. glomerata*. Хотя в последнее время массовое развитие *Cladophora* в озере отмечают не только в прибрежных, но и на открытых участках, причем ее биомасса может достигать 4460 г/м³ [6].

Средние численность и биомасса фитопланктона за исследованный период составили 1,310 млн кл./м³ и 2,743 г/м³ соответственно. Водоёмы со средней за год биомассой от 1 до 3 г/м³ классифицируют как мезотрофные, выше – эвтрофные [33].

Индекс сапробности за исследованный период изменялся в пределах 1,65–2,24, средний – 1,94, что может свидетельствовать об умеренном загрязнении озера органическими веществами. Существенных различий между значениями индекса в разные месяцы и на разных участках озера не отмечено, т.е. уровень органического загрязнения остается примерно на одном уровне в течение сезона и по акватории и соответствует бета-мезосапробной зоне (1,51–2,50), а также не изменяется с течением времени – в 1997 г. он отмечен в тех же пределах (1,40–2,17).

Озера Кулундинской низменности различного типа и степени минерализации отличаются как бедным качественным составом фитопланктона, так и его низким количеством (табл. 2). Только синезеленые водоросли могут вносить существенный вклад в численность, зеленые – в биомассу. Как отмечают исследователи, повышение степени минерализации озер ведет к выпадению ряда пресноводных видов и обеднению состава озерного фитопланктона, а также к перестройке таксономической структуры в сторону усиления роли синезеленых [34].

В хлоридных озерах как по числу видов, так и по численности преобладали синезеленые водоросли. Так, в оз. Горносталево это были *Oscillatoria amphibia* Ag. (35,5% от общей численности), *O. angusta* f. *woronichinii* (Woronich.) V. Poljansk. (33,1), *Phormidium tenue* (Menegh.) Gom., в оз. Минестрал – *Coelosphaerium kuetzingianum* Näg. (95,3), *Lyngbya limnetica* Lemm. (33,3), *Microcoleus chthonoplastes* (Fl. Dan.) Thur., *Phormidium fragile* (Menegh.) Gom. (89,2), в оз. Северный залив – *Gloeocapsa minuta* (Kütz.) Hollerb. (55,9 %). Своими низкими качественными и количественными характеристиками выделялось оз. Николаев Берг, в котором отмечены толь-

Численность, биомасса и индекс сапробности фитопланктона озер
Кулундинской низменности в 2001–2002 гг.

Озеро	Месяц отбора	Численность, млн кл./м ³ (min–max)	Биомасса, г/м ³	Индекс сапробности
Горносталево	Апрель–август	0,062–0,139	0,03–0,09	1,72–1,88
Иодное	Май–сентябрь	235,7–380,9	0,29–1,52	1,88–1,94
Кучукское	Май–июнь	0,023–0,047	0,08–0,13	2,00
Ломовое	Апрель–июль	0,011–0,191	0,01–0,64	1,68
Малиновое	Апрель–октябрь	0–0,069	0–0,11	–
Минестрал	Апрель–сентябрь	0,010–0,257	0,002–1,30	1,68–1,99
Николаев Берег	Июнь–июль	0,0003–0,002	0,001–0,01	–
Северный залив	Апрель–июль	0,050–0,070	0,01–0,02	2,00–2,25
Танатар-2	Апрель–май	0,003–0,039	0,01–0,05	1,89
Узкое	Июль	0,7*	0,01	–
Петуховское	Август	22,3*	0,03	1,80
Левый Близнец	Апрель	85,0*	0,059	1,66
Правый Близнец	Апрель	70,4*	0,05	1,70

* Единичные наблюдения.

ко цисты *Dunaliella*. Отличительной особенностью оз. Иодное является почти монодоминантный фитопланктон, состоящий и весной, и осенью из синезеленой водоросли *Microcystis pulverea* (Wood) Forti emend. Elenk. с незначительной примесью *Fragilaria* и *Anabaena*, при этом доля *M. pulverea* в общей численности и биомассе доходила до 97,9–99,9%. В оз. Кучукское основу численности и биомассы составляли зеленые хламидомонады, в основном *Dunaliella salina* Teod. (80,3 и 86,5% соответственно). Кроме того, отмечены *Oscillatoria lauterbornii* Schmidle, *Oocystis borgei* Snow и *Euglena polymorpha* Dang. В оз. Ломовое также преобладала *D. salina* (до 65,0%). В оз. Баужансор фитопланктон весьма обилен, особенно по биомассе, которая обусловлена развитием *Lyngbya halophila* Hansg. (55,2 и 94,7% от общей численности и биомассы соответственно), субдоминировал *Ulothrix flacca* (Dillw.) Thur. В оз. Узкое численность и биомасса фитопланктона наиболее низкие, отмечены неизвестные зеленые водоросли, виды родов *Cymbella* и *Chroomonas minima* Czosn. Фитопланктон оз. Малиновое беден. Весной отмечены *Gloeocapsa crepidinum* Thur., *G. minor* (Kütz.) Hollerb. и *Oscillatoria geminata* (Menegh.) Gom., а также многочисленные инфузории. Летом и осенью преобладали *Aphanothece stagnina* (Spreng.) B.-Peters. et Geitl. и *D. salina*, причем в 2001 г. последней водоросли было заметно больше.

В содовом оз. Танатар-2 основу численности и биомассы фитопланктона составлял *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs, встречались также *O. geminata*, *Spirulina meneghiniana* Zanard. и *Tetrastrum triangulare* (Chod.) Kom. В содовом оз. Петуховское в основном развивались зеленые с небольшой примесью диатомей. Здесь наряду с цистами хламидомонады *D. salina* отмечены *Phacotus lenticulatus* Ehr. и *Pandorina morum* Vogu.

В целом соленые озера Кулундинской низменности по составу фитопланктона схожи между собой – практически в любом обследованном водоеме синезеленые водоросли занимали ведущие позиции по числу видов и количественным характеристикам в весенне-летний период, уступая место зеленым нитчатым водорослям поздним летом и осенью. В отличие от оз. Кулундинское, где основу численности фитопланктона составляли гормогониевые из родов *Lyngbya*, *Phormidium*, *Oscillatoria*, в меньших по площади озерах повышалась доля хроококковых *Microcystis* и *Coelosphaerium*. Преобладание синезеленых водорослей в этих озерах отмечали и при исследовании их в 30-х гг. XX в. [9, 17, 18]. Так, в планктоне оз. Б. Горькое (содовое) отмечали большое количество *Ph. tenue* и диатомовых водорослей, а также *Oscillatoria tambi* Woronich., иногда *Anabaena*. Озеро Малиновое отличалось массовым развитием *Dunaliella*, дающей рапе окраску. В оз. Тана-

тар-2 наблюдали цветение *Anabaenopsis isatschenkoi* Woronich. и *Spirulina fusiformis* Woronich., а также часто *Nodularia spumigena* · a Mert.

Зоопланктон – главный потребитель первичного органического вещества, образуемого в толще воды водорослями. Как в пресных, так и в соленых водоемах его основу составляют животные с фильтрационным типом питания, в первую очередь планктонные ракообразные. Фильтраторы используют в пищу в основном массовые формы одноклеточных и колониальных водорослей, причем последние подвергаются дроблению. Синезеленые водоросли неохотно потребляются планктонными ракообразными, причиной чего могут быть как токсичность многих видов, так и крупные размеры нитчаток. Колониальные синезеленые водоросли фильтруются ракообразными только до начала “цветения” водоемов и почти полностью исключаются из пищевого рациона в период массового развития [35]. То же касается и нитчатых зеленых водорослей. Водоросли этих двух отделов составляют основу фитопланктона исследованных соленых озер. Поэтому фильтраторы вынуждены потреблять другие фракции сестона – бактерии и детрит.

Состав зоопланктона исследованных озер Кулундинской низменности очень бедный. Типичный представитель галофильного комплекса здесь – жаброногий рачок *Artemia* sp., питающийся одноклеточными водорослями, бактериями и простейшими. Скорость фильтрации корма зависит от его концентрации, температуры воды и стадий развития рачка. При недостатке корма у рачка снижается скорость роста и развития, сокращается количество продуцируемых яиц, нарушается ритм кладки. Оптимальная концентрация корма первых трех дней жизни – 0,1 мг сухой массы на одну особь [36].

На опресненных участках или в зоне притока опресненных вод встречаются коловратки, веслоногие и ветвистоусые рачки, личинки комара *Chironomus salinarius* Thien. Однако их вклад в формирование количественных составляющих биоты соленых озер незначителен. В оз. Кулундинском отмечен комплекс солоновато-водных коловраток – *Euchlanis myersi* Kutikova, *Brachionus urceus* (Linnaeus), *Br. plicatilis rotundiformis* Tschugun-

noff, *Keratella cruciformis* (Thompson), *Tesudinella clypeata* (Müller); из веслоногих ракообразных – *Cletocamptus retrogressus* Schmanraenitsch. Для коловраток оз. Кулундинское характерно неравномерное распределение: в открытой части озера их численность колеблется от 0,1 до 4,0 тыс. экз./м³, на мелководных участках увеличивается до 11,0 тыс. экз./м³. Аналогично распределение и веслоногого рачка: в 2002 г. в открытой части озера его численность колебалась от 0,1 до 2,0, на мелководьях – до 5,0 тыс. экз./м³. Увеличение разнообразия зоопланктона в последние годы обусловлено снижением общей минерализации воды в озере до 80–110 г/л.

На колебание численности рачков влияет не только наличие водорослей, пригодных для потребления, но и взаимоотношения с другими представителями зоопланктона. Так, например, в оз. Саки (Крым) рачки *Artemia* и *Moina mongolica* (*M. microphthalmia* Sars) заметно влияют друг на друга [37]. Весеннее развитие зоопланктона начинается с появления науплиусов артемии, но в начале июня в озере появляются мойны, численность которых быстро увеличивается, и артемия выпадает из состава планктона. Яйца артемии встречаются постоянно, но дальнейшее развитие популяции останавливается даже при сохранении благоприятных абиотических условий. Причина – возникающая трофическая конкуренция между фильтраторами – артемиями и мойнами. В исследованных нами озерах Кулундинской низменности такой конкуренции не отмечено.

Жаброногий рачок *Artemia* sp. подвержен четкой сезонной изменчивости. Различают два типа биологической изменчивости: групповую (различия между популяциями) и индивидуальную (различия между особями одной популяции). На популяционном уровне изменчивость чаще всего определяется различиями между пространственно разобщенными популяциями одного вида, т.е. географической изменчивостью и ее клинальными градиентами [38]. Из форм индивидуальной изменчивости обычно используют возрастную и сезонную изменчивость поколений и биотопическую.

Сезонная изменчивость *Artemia* sp. изучена на двух модельных водоемах – озерах Кулундинское и Малиновое. Артемия весен-

не-летней генерации характеризовалась наименьшими линейными размерами (8,80 и 7,69 мм). В летне-осенний период длина тела рачков в оз. Кулундинское уменьшалась от 9,47 до 9,09 мм (табл. 3), в оз. Малиновое, наоборот, увеличивалась от 8,33 до 9,92 мм. Длина цефалоторакса в оз. Кулундинское минимальна для весенне-летней генерации (3,87 мм); в летне-осенний период она постепенно снижается от 4,09 до 3,91 мм. В оз. Малиновое, наоборот, происходило увеличение длины цефалоторакса летне-осенней генерации от 3,66 до 4,12 мм. Длина абдомена у рачка в оз. Кулундинское минимальна для весенне-летней генерации – 4,91 мм и постепенно уменьшалась с июля (5,38 мм) к сентябрю (5,18 мм). В оз. Малиновое наблюдалась обратная тенденция – увеличение длины абдомена от 4,67 до 5,81 мм. Количество щетинок у рачка *Artemia* sp. в оз. Кулундинское увеличивалось к осени – с июля по сентябрь от 2,6 до 4,6 шт. В оз. Малиновое, наоборот, происходило уменьшение количества щетинок у рачков за этот период – от 1,0 до 0,9 шт., что обусловлено резким увеличением минерализации воды в озере. В оз. Малиновое у рачков отмечен также половой диморфизм (табл. 4). В 2002 г. соотношение полов (самки : самцы) составляло в июне 95,8 : 4,4; в июле – 95,6 : 4,4; в августе – 80–89,0 : 11,0.

На динамику численности и биомассы зоопланктона оказывают влияние температура и общая минерализация воды. Корреляция температуры воды за вегетационный период и численности рачка *Artemia* sp. выражается прямо пропорциональной зависимостью: $y = 5,60x + 6,25$ с коэффициентом 0,678 (при $P = 0,01$). Корреляция общей минерализации воды и средней плодовитости рачка *Artemia* sp. характеризуется обратно пропорциональной зависимостью: $y = -0,53x + 88,96$ с коэффициентом 0,841 ($P = 0,01$) [39]. В целом в вегетационный период 2002 г. популяция рачка развивалась в благоприятном температурном режиме и удовлетворительном состоянии водности и солености, но при некотором дефиците кормовых ресурсов (25–30 %). Для популяции рачка характерны значительные колебания численности вдоль по акватории озера и в отдельные годы. Наибольшая численность характерна для центральной части водоема, в литоральной зоне численность

Т а б л и ц а 3
Морфометрическая характеристика жаброногого рачка *Artemia* sp. озер Малиновое и Кулундинское (n – число измерений), 2002 г.

Дата	n	Длина тела		Длина цефалоторакса (С)		Длина абдомена (А)		Отношение		Количество щетинок	
		мм	δ	мм	δ	мм	δ	С : А	δ	шт.	δ
<i>Малиновое</i>											
29.06	30	7,69±0,61	0,112	3,52±0,25	0,045	4,17±0,46	0,084	0,853	0,015	1,13±0,73	0,13
17.07	30	8,33±0,54	0,099	3,66±0,25	0,049	4,67±0,38	0,071	0,787	0,014	1,04±0,58	0,11
15.08	30	8,31±0,78	0,142	3,60±0,35	0,063	4,65±0,56	0,103	0,782	0,017	1,13±0,40	0,10
17.09	30	9,92±0,72	0,132	4,12±0,29	0,050	5,81±0,55	0,101	0,713	0,012	0,93±0,52	0,09
<i>Кулундинское</i>											
26.06	30	8,80±0,62	0,112	3,87±0,28	0,051	4,91±0,42	0,077	0,793	0,014	3,27±1,86	0,34
15.07	30	9,47±0,71	0,129	4,09±0,28	0,052	5,38±0,54	0,099	0,766	0,015	2,63±2,04	0,37
08.08	37	9,25±0,82	0,150	4,18±0,27	0,049	5,07±0,68	0,124	0,837	0,019	3,90±1,95	0,36
19.09	30	9,09±0,99	0,181	3,91±0,47	0,086	5,18±0,62	0,113	0,760	0,014	4,60±2,53	0,46

рачка в 3 раза ниже. В межгодовом аспекте максимальные значения в оз. Кулундинское отмечены в июне 1996 г. (26,3 г/м³) и мае 2002 г. (14,8 г/м³), в оз. Малиновое – в августе 2002 г. (37,0 г/м³, табл. 5).

На динамику численности рачка оказывают влияние и водоросли планктона. Отмечено, что зоопланктон избегает слоев и частей акватории озера с максимальной концентрацией водорослей, в том числе синезеленых [35]. Это подтверждается данными по оз. Кулундинскому в 2002 г., когда в мае при минимальной численности фитопланктона наблюдалась максимальная численность рачка артемии. При преимущественном развитии водорослей в прибрежных частях акватории озера рачок предпочитал открытые пространства, где количество нитчатых синезеленых и зеленых водорослей заметно ниже.

В 2002 г. первые науплиусы в оз. Кулундинское зафиксированы 24 апреля, в оз. Малиновое – 25 мая (табл. 6). При сравнении возрастной структуры *Artemia* sp. оз. Кулундинское с данными по другим малым озерам с неустойчивым гидрологическим режимом видно, что необходимый предел науплиусов (20 тыс. экз./м³) отмечен во многих озерах, за исключением Иодное, Ломовое, Левый и Правый Близнецы и Танатар-2.

В оз. Кулундинское высокая температура воды в мае способствовала быстрому достижению половой зрелости рачка *Artemia* sp. Основным типом воспроизводства в первой генерации было живорождение, т. е. вымет науплиусов. Массовое развитие первой генерации продолжалось до начала июня. Массовое достижение половой зрелости рачков второй генерации отмечено в конце июня – начале июля. Самки рачка откладывали только диапазирующие яйца, живорождение практически отсутствовало. В середине июля (15.07) зафиксированы первые промысловые скопления цист в виде шлейфов длиной 2,0–12,5 км и толщиной до 2–3 см, которые были разбросаны по акватории озера. Со второй половины июля и по конец августа в озере формируется третья генерация рачка. Одновременно в конце указанного периода отмечено формирование четвертой генерации. Ниже приводятся данные по некоторым биологическим показателям популяции артемии в озерах Кулундинское и Малиновое в 2002 г. (табл. 7).

Высокая температура воды в оз. Малиновое в мае способствовала быстрому достижению науплиальных стадий развития *Artemia* sp. В июне отмечены взрослые особи, однако численность их не превышала 0,22 тыс. экз./м³. Пик численности взрослой артемии пришелся на август и сентябрь (1,7 и 2,0 тыс. экз./м³ соответственно). Численность самцов колебалась от 0,03 до 0,80 тыс. экз./м³. Численность предвзрослых рачков была невелика, диапазон колебаний составил 0,03–0,27 тыс. экз./м³. В июле и сентябре в популяции рачка отмечалось живорождение, составившее 11,4 и 9,6 % соответственно (табл. 8).

В 2002 г. гидросистема Малиновых озер находилась в условиях повышенной водности и высокого прогрева воды. Наблюдался рост общей минерализации воды, снижение уровня режима и появление отдельных плесов и заливов, выпадение в литорали осадка солей с органическими остатками водорослей. Общая минерализация достигла летальной для рачка концентрации (280–300 г/л) и приближалась в конце летнего сезона к указанному пределу. Анализируя данные, можно сделать вывод, что у рачка в оз. Малиновое в 2002 г. наблюдалась явная депрессия популяции, что подтверждается минимальными численностью и биомассой. Летом в период высокой минерализации воды отмечалось массовое отмирание рачка.

Корреляция численности и биомассы рачка *Artemia* sp. выражается уравнением $y = 3,14x - 0,09$ с коэффициентом 0,865 при $P = 0,01$. Корреляция численности половозрелых рачков и диапазирующих яиц описывается уравнением $y = 89,17x - 2,58$ с коэффициентом 0,869 при $P = 0,01$ [40].

Размеры половозрелых самок в оз. Кулундинское и еще в большей мере – отношение максимальной и минимальной длин тела являются важными показателями, характеризующими репродуктивное состояние популяций. В 2002 г. размеры максимальных и минимальных длин *Artemia* sp. были значительно ниже и колебались соответственно от 10,3 (июнь) до 11,1 мм (август) и от 7,1 (сентябрь) до 8,1 мм (июль). Средняя плодовитость за вегетационный период изменялась от 6,0 (сентябрь) до 31,5 шт. яиц (июль).

Анализ численности возрастных групп рачков по месяцам позволяет ориентировочно

Т а б л и ц а 4

Половой диморфизм *Artemia* sp. в озере Малиновое, 2002 г.

Пол	Дата	Длина, мм			Отношение С : А	Количество щетинок на фурке
		тела	цефалоторак- са С	абдомена А		
&&	29.06	7,69±0,61	3,52±0,25	4,17±0,46	0,853	1,13±0,73
♀/♂	29.06	6,78±0,48	3,24±0,23	3,54±0,28	0,893	0,75±0,50
&&	17.07	8,33±0,54	3,66±0,27	4,67±0,38	0,787	1,04±0,58
♀/♂	17.07	7,00±1,08	3,23±0,49	3,78±0,63	0,858	1,00±0,00
&&	15.08	8,21±0,78	3,60±0,35	4,65±0,56	0,782	1,13±0,57
♀/♂	15.08	7,00±0,67	3,16±0,50	3,84±0,32	0,826	1,63±1,06
&&	17.09	9,92±0,72	4,12±0,29	5,81±0,55	0,713	0,93±0,52
♀/♂	17.09	8,70±0,42	3,95±0,35	4,75±0,07	0,831	4,00±2,83

Т а б л и ц а 5

Максимальная биомасса рачка *Artemia* sp. в озерах Кулундинское и Малиновое в 1995–2002 гг., г/м³

Озеро	Год исследования, дата					
	1995	1996	1998	2000	2001	2002
Кулундинское	29.06	18.06	15.08	07.07	01.09	23.05
	2,67	26,31	10,35	11,52	10,32	14,84
Малиновое	–	–	–	10.07	24.07	15.08
				15,23	15,05	36,96

Т а б л и ц а 6

Возрастная структура весенней генерации *Artemia* sp. в озерах Кулундинской низменности 19–25 апреля 2002 г.

Озеро	Площадь, га	Минерализа- ция воды, ‰	Температура воды, °С	Численность, тыс. экз./м ³		
				яиц	орто- науплиусов	мета- науплиусов
Кулундинское	728 000	90–110	11,5	201,6	66,2	114,3
Беленькое	240	76	12,0	65,0	4,0	22,0
Горносталево	480	150	18,5	2,0	9,0	20,0
Иодное	270	75	16,0	2,0	0,3	1,5
Куричье	1500	76	13,0	11,0	1,0	51,0
Кривая Пучина	10 000	71	12,5	5,0	1,5	113,5
Ломовое	140	240	16,0	9,0	–	–
Левый Близнец	200	134	19,5	10,0	–	6,0
Минестрал	90	200	20,0	8,0	31,0	31,6
Николаев Берег	55	130	19,0	5,0	20,0	18,0
Петухово	400	200	15,0	35,0	1,0	12,0
Правый Близнец	180	132	20,0	14,0	–	5,0
Северный залив	150	142	19,0	19,0	1,0	13,0
Соленое	100	120	15,5	6,0	28,0	25,0
Танатар-2	220	66	12,0	3,0	–	6,0
Чекуртуз	520	172	13,0	43,0	4,0	30,1

П р и м е ч а н и е. Прочерк – представители данной группы отсутствуют.

Средняя численность (числитель,

Озеро	Дата	Взрослые			Артемия Предвзрослые (6–8 мм)
		с цистами	без цист	самцы	
Кулундинское	23.05	–	–	–	0,64/0,88
	26.06	0,14/0,63	0,26/0,488	–	3,97/5,37
	15.07	0,16/0,72	1,78/3,567	–	3,28/5,16
	8.08	1,56/7,02	0,52/0,987	–	1,07/1,67
	19.09	0,67/3,03	0,04/0,0067	–	0,06/0,0068
Малиновое	28.05	–	–	–	–
	29.06	0,22/0,99	–	0,03/0,097	0,27/0,32
	17.07	0,07/0,32	–	0,03/0,097	0,03/0,06
	15.08	1,72/7,74	–	0,8/3,387	–
	17.09	2,0/9,0	–	–	–

Примечание. Прочерк – представители данной группы отсутствуют.

оценить эффективность воспроизводства популяции. Так, из 3,28 тыс. экз./м³ неполовозрелых рачков в июле через месяц зафиксировано 0,52 самок без яиц и 1,56 тыс. экз./м³ самок с яйцами, т. е. выход половозрелых рачков составил 39,9 %, причем преобладали самки с яйцами.

В первой декаде августа в прибрежной зоне оз. Малиновое наблюдались диапаузирующие яйца, но значительных промысловых скоплений на поверхности рапы и в виде прибрежных выбросов не отмечено. В пробах с июня по сентябрь фиксируются летние тонкоскорлуповые яйца, количество которых

постепенно снижается к поздней осени. Предполагается, что летние тонкоскорлуповые яйца рачка проходят диапаузу продолжительностью 2–5 недель и обеспечивают сохранность популяции при резко меняющихся условиях среды обитания – снижении потенциала кормовой базы, дефиците кислорода, солености и др. [41]. Численность диапаузирующих цист увеличивалась к августу, но значение их было невелико (97,3 тыс. шт./м³, табл. 9).

Распределение диапаузирующих яиц по акватории оз. Кулундинское было неравномерным. Формирование промысловых скоп-

Т а б л и ц а 8

Средние значения продукционных характеристик *Artemia* sp. в озерах Малиновое и Кулундинское, 2002 г.

Озеро	Дата	Соотношение полов, самки : самцы, %	Доля взрослых самок с цистами, %ц, с яйцами %я, с науплиусами (%н)			Диаметр цист, мм
			Число цист, пц; число яиц, пя; число науплиусов, пн			
			%ц	%я	%н	
			пц	пя	пн	
Малиновое	28.05	–	–	–	–	
	29.06	95,8 : 4,4	12,2/15,7	87,8/10,8	–	0,254
	17.07	95,6 : 4,4	59,2/13,7	29,4/20,9	11,4/16,0	0,262
	15.08	89,0 : 11,0	73,8/10,1	26,2/7,3	–	0,250
	17.09	–	53,6/3,8	36,8/19,2	9,6/25,0	0,250
Кулундинское	23.05	–	–	–	–	
	26.06	–	42,0/15,3	58,0/9,5	–	0,234
	15.07	–	50,0/14,0	50,0/7,0	–	0,242
	8.08	–	23,9/31,5	76,1/20,4	–	0,210
	19.09	–	24,7/15,3	75,3/17,2	–	0,253

Т а б л и ц а 7

тыс. шт./м³) и биомасса (знаменатель, г/м³) зоопланктона в озерах Кулундинское и Малиновое, 2002 г.

Науплиусы (до 1 мм)	Метанауплиусы (1–3 мм)	Ювенильные (3–6 мм)	Цисты в толще воды, тыс. шт./м ³	Общая биомасса рачка, г/м ³	Прочие	
					Коловратки	Веслоногие
3,20/0,23	5,0/0,80	30,35/12,93	37,0/0,37	14,84	–	–
0,17/0,016	0,25/0,033	3,03/1,972	11,24/0,11	8,509	–	–
0,18/0,022	1,60/0,225	0,53/0,29	18,92/0,189	9,984	–	0,04/0,003
0,56/0,04	0,68/0,108	0,48/0,23	78,48/0,785	10,055	0,92/0,002	0,75/0,056
0,15/0,093	0,016/0,004	0,06/0,019	35,0/0,35	3,160	–	0,6/0,044
0,4/0,13	–	–	1,49/0,015	0,13	–	–
6,0/0,52	0,73/0,089	0,27/0,14	3,67/0,037	2,193	–	–
49,33/4,44	4,68/0,56	–	86,33/0,863	5,477	–	–
30,33/2,40	0,70/23,42	0,012/0,013	97,33/0,973	36,96	–	–
3,33/0,27	0,017/0,002	–	50,0/7,50	9,272	–	–

лений цист отмечалось в июле и августе. Их общие запасы составляли 2340,6 т, а общие допустимые уловы (ОДУ) при 40%-м изъятии – 936 т. Однако следует учесть, что 78 % от общих запасов приходится на бентосные цисты. Известно, что в мелководных озерах они, как правило, участвуют в формировании первой генерации рачков. Предсказать же сроки их всплытия и образования промысловых скоплений пока невозможно. Запасы цист, без учета бентосных, составляли 520,6 т.

Общий запас диапаузирующих яиц рачка в оз. Малиновое составлял 5,4 т. Принимая во внимание квоту возможной заготовки в 60 %, уточненный промысловый запас, т.е. количество цист для изъятия в 2002 г., может составить 3,2 т.

ВЫВОДЫ

В 2001–2002 гг. в планктонных пробах оз. Кулундинское выявлен 61 вид водорослей из шести отделов. Наибольшего разнообра-

Т а б л и ц а 9

Характеристика состояния популяции рачка *Artemia* sp. в озерах Кулундинское и Малиновое, 2002 г.

Озеро	Дата отбора	“Жилая” зона рачков и цист, млн м ³	Численность самок с цистами, экз./м ³	Среднее число цист в яйцевом мешке, шт.	Численность свободно плавающих цист, тыс. шт./м ³
Кулундинское, площадь 720,0 м ²	25.04	120,0	–	–	201,5
	23.05	120,0	–	–	37,0
	26.06	120,0	630	15,3	11,24
	15.07	120,0	720	14,0	18,92
	8.08	120,0	7020	31,5	78,48
	19.09	120,0	3070	5,3	35,00
Малиновое, пло- щадь 11,4 м ²	27.04	7,7	–	–	18,65
	28.05	7,7	–	–	1,49
	29.06	7,7	220	15,7	3,67
	17.07	7,7	70	13,7	86,33
	15.08	7,7	1720	10,1	97,33
	17.09	7,7	2000	3,8	50,00

П р и м е ч а н и е. Прочерк – представители данной группы отсутствуют.

зия по числу видов достигали зеленые и синезеленые водоросли. Таксономический состав и соотношение отделов в фитопланктоне оз. Кулундинское типично для водоемов с высокой минерализацией воды.

Численность и биомасса фитопланктона оз. Кулундинское в период с апреля по октябрь 2001 г. изменялись в пределах 0,299–5,010 млн кл./л и 0,287–9,593 г/м³, 2002 г. – 0,265–4,388 млн кл./л и 0,121–5,799 г/м³ соответственно. Средние численность и биомасса за исследованный период составили 1,310 млн кл./л и 2,743 г/м³ соответственно.

В развитии фитопланктона озера отмечено два максимума – поздневесенний, который в зависимости от условий года может сдвигаться на начало календарного лета, и летне-осенний. Первый обусловлен развитием нитчатых синезеленых водорослей. К осени большинство видов синезеленых заменяют одноклеточные и нитчатые зеленые водоросли.

В фитопланктоне хлоридных озер Кулундинской низменности в основном преобладают синезеленые водоросли, занимающие ведущие позиции как по числу видов, так и по количественным характеристикам в весенне-летний период, уступая место зеленым нитчатым водорослям поздним летом и осенью. В содовых озерах наряду с синезелеными велика доля в численности и биомассе зеленых водорослей, независимо от сезона года.

В составе зоопланктона оз. Кулундинское кроме галофила *Artemia* sp. отмечены солоновато-водные виды коловраток и веслоногий рачок, что обусловлено снижением минерализации воды в озере до 80–110 г/л.

Соотношение численных показателей рачков с кормовыми ресурсами фиксирует их напряженные трофические отношения в летний и осенний периоды, когда требуемый рацион обеспечивался всего лишь на 25–30 %.

Половозрелые рачки в оз. Кулундинское отмечены во второй половине мая наряду с воспроизводством артемии путем живорождения. Массовое достижение половой зрелости рачка второй генерации отмечено в конце июня – начале июля. Со второй половины июля до конца августа в озере формируется третья генерация рачка, а в конце этого периода – четвертая.

Средняя плодовитость рачка колебалась от 6,0 (сентябрь) до 31,5 (август). Численность половозрелых рачков за вегетационный период изменялась от 0,14 (июнь) до 1,56 (август). Пик развития неполовозрелых особей пришелся на июль – 1,78 тыс. экз./м³.

По акватории озера рачок артемии распространен неравномерно, максимальная численность отмечена в центральной части водоема, в литоральной зоне его численность в 3 раза ниже. Это согласуется с данными по фитопланктону – при минимальной численности водорослей наблюдалась максимальная численность рачка как во времени, так и в пространстве.

В группе Малиновых озер в 2002 г. на фоне повышающейся минерализации воды (280–300 г/л) наблюдалось депрессивное состояние популяции рачка, что особенно характерно для летней генерации – численность в июле–октябре изменялась в пределах 0,07–2,0 тыс. экз./м³, биомасса – 0,32–9,0 г/м³, средняя плодовитость – 13,7–3,8 яиц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. П. Ткачев, Бессточные области юга Западной Сибири. Структура и динамика, Томск, 2001, 162.
2. Н. В. Савченко, Озера южных равнин Западной Сибири, Новосибирск, 1997, 300.
3. Алтайский край. Атлас, Москва–Барнаул: Главное управление геодезии и картографии при Совете министров СССР, 1978, 1, 222.
4. А. Г. Поползин, Озера юга Обь-Иртышского бассейна. (Зональная комплексная характеристика), Новосибирск, 1967, 351.
5. Д. И. Абрамович, Воды Кулундинской степи, Новосибирск, 1960, 214.
6. З. И. Новоселова, В. А. Новоселов, *Сиб. экол. журн.*, 2000, 7: 3, 249–255.
7. О. М. Кожова, Введение в гидробиологию: Учебн. пособие, Красноярск, 1987, 244.
8. О. П. Оксий, В. Н. Жукинский, П. Н. Брагинский и др., *Гидробиол. журн.*, 1993, 29: 4, 62–76.
9. Н. Н. Воронихин, *Изв. ГЭС, М.*, 1929, 28: 1–2, 12–40.
10. Н. Н. Воронихин, Сравнительная характеристика альгологической растительности пресных и минерализованных водоемов Кулундинской степи, Юбил. сб. Б. А. Келлера, Воронеж, 1931, 273–279.
11. Н. Н. Воронихин, *Тр. Ботан. музея АН СССР, М.*, 1932, 25, 435–448.
12. Н. Н. Воронихин, *Тр. СОПС АН СССР, Сер. Сибирская, Л.*, 1934, 1: 8, 177–183.
13. Н. Н. Воронихин, *Ботан. мат. отд. споров. раст. БИН АН СССР, М.*, 1950, 6: 7–12, 129–134.
14. Н. Н. Воронихин, А. Г. Халина, *Изв. ГЭС, М.*, 1929, 28: 1–2, 149–161.

15. Б. Л. Исаченко, Кулундинская соляная экспедиция. Микробиологический отряд, Экспедиция Всесоюз. АН СССР, Л., 1933, 217–222.
16. Б. Л. Исаченко, Тр. июньск. сессии АН СССР, М., 1932, 11, 434–448.
17. Б. Л. Исаченко, Тр. СОПС АН СССР, Сер. Сибирская, Л., 1934, 1: 8, 153–175.
18. Т. Г. Попова, Изв. ГБС, М., 1930, 29: 3–4, 237–264.
19. Г. В. Кузьмин, Фитопланктон. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов, М., 1975, 73–93.
20. В. И. Жадин, Методы гидробиологического исследования, М., 1960, 188.
21. Унифицированные методы исследования качества вод, ч. 3: Методы биологического анализа вод, Приложение 2: Атлас сапробных организмов, М., 1977, 227.
22. Унифицированные методы исследования качества вод, ч. 3: Методы биологического анализа вод, М., 1983, 371.
23. Методические указания по определению общих допустимых уловов (ОДУ) цист жаброногого рачка *Artemia*, Тюмень, 2002, 25.
24. Т. Л. Студеникина, О. С. Голубых, Пути рационального использования почвенных, растительных и животных ресурсов Сибири, Томск, 1986, 161–163.
25. З. И. Новоселова, Водоемы Алтайского края: биологическая продуктивность и перспективы использования, Новосибирск, 1999, 58–72.
26. N. A. Gaaevsky, T. V. Gorbaneva, N. P. Belonog, A. A. Koltashev, 8th International Conference on Salt Lakes, Zhemchuzhny, Republic of Khakasia, 2002, 47–48.
27. S. Girgin, N. Kazanci, M. Dugel, Ibid, 103.
28. O. G. Pen'kova, G. I. Popovskaya, N. G. Sheveleva, I. V. Korovyakova, Ibid, 77–78.
29. Т. А. Сафонова, В. И. Ермолаев, Водоросли водоемов системы озера Чаны, Новосибирск, 1983, 152.
30. В. И. Ермолаев, Л. С. Визер, Сиб. экол. журн., 2001, 8: 4, 371–384.
31. В. И. Ермолаев, Фитопланктон водоемов бассейна озера Сартлан, Новосибирск, 1989, 96.
32. Р. Саут, А. Уиттик, Основы альгологии, М., 1990, 597.
33. И. С. Трифонова, Экология и сукцессия озерного фитопланктона, Л., 1990, 184.
34. Т. А. Сафонова, Ю. В. Науменко, В. И. Ермолаев, Обской вестник, 1997, 2–3, 69–73.
35. Н. М. Крючкова, Трофические взаимоотношения зоо- и фитопланктона, М., 1989, 124.
36. М. Б. Иванова, Журн. общей биол., 1981, 42: 2, 199–209.
37. В. П. Соловов, Т. Л. Студеникина, Рачок артемия в озерах Западной Сибири: морфология, экология, перспективы хозяйственного использования, Новосибирск, 1990, 81.
38. Э. Майр, Популяции, виды и эволюция, М., 1974, 430.
39. Л. В. Веснина, Сиб. экол. журн., 2002, 6, 637–646.
40. Л. В. Веснина, Зоопланктон озерных экосистем равнины Алтайского края, Новосибирск, 2002, 158.
41. Ф. А. Олейникова, *Artemia salina* L. Азово-Черноморского бассейна (морфология, размножение, экология, практическое использование), Киев, 1980, 18.

Plankton of Salted Lakes of the Territory of a Closed Runoff (the South of West Siberia, Russia)

L. V. VESNINA, E. YU. MITROFANOVA, T. O. LISITSYNA

Results of studies of plankton alga- and zoocenoses of salted lakes of the territory of a closed runoff in the south of West Siberia carried out in 2001–2002 are presented. Phyto- and zooplankton of large lake Kulunda and 12 lakes of the Kulunda lowland were studied during the vegetation period from April to October. The taxonomic composition, peculiarities of spatial-temporal diversity of plankton hydrobiont communities have been detected. As earlier (the 30ies of the XX century), a preferential development of blue-green and green algae and the crustacean *Artemia* sp. was noted in the plankton.