

УДК 574.583:574.632  
ББК 26.222я73+28.082я73

М. Ю. Карapun, В. В. Юрченко, М. Г. Бирюкова, А. М. Айтимова

### КАЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ ПЛАНКТОННЫХ ОРГАНИЗМОВ ОЗЕРА КАРАКОЛЬ ПОД ВЛИЯНИЕМ ТЕХНОГЕННОГО ФАКТОРА

М. Yu. Karapun, V. V. Yurchenko, M. G. Biryukova, A. M. Aitimova

### QUALITATIVE COMPOSITION OF PLANKTONIC ORGANISMS OF KARAKOL LAKE UNDER THE INFLUENCE OF MAN-MADE FACTORS

Исследуется население техногенного водоема – озера Караколь (Республика Казахстан), находящегося под воздействием сбросных тепловых вод, что привело к утрате в водоеме коренного населения Среднего Каспия. Установлено, что население качественно бедно. Планктонные организмы представлены в основном *Dictyosphaerium pulchellum* Wood, *Oocystis composite* Pr.-Lavr. sp. nov. и *Merismopedia minima* G. Beck из фитопланктона, а также *Calanipeda aquae-dulcis* Kritsch 1873, *Heterocope caspia* и другими формами зоопланктона.

**Ключевые слова:** гидрохимия, зоопланктон, качественный состав, озеро Караколь, техногенные факторы, фитопланктон.

The population of man-made body of water – lake Karacol (Kazakhstan) under the influence of thermal waste treatment, which led to the loss of indigenous population of the Middle Caspian in the pond is studied. It is found that the population is qualitatively poor. Planktonic organisms are mainly represented with *Dictyosphaerium pulchellum* Wood, *Oocystis composite* Pr.-Lavr. sp. nov. and *Merismopedia minima* G. Beck of phytoplankton, as well as *Calanipeda aquae-dulcis* Kritsch 1873, *Heterocope caspia* and other forms of zooplankton.

**Key words:** hydrochemistry, zooplankton, qualitative composition, lake Karakol, man-made factors, phytoplankton.

#### Введение

Как известно, видовой состав планктонных организмов иногда дает более полную информацию о состоянии экосистемы водоема, чем значения их количественного развития [1]. Фитопланктон является источником, дающим начало любой биологической активности в различных водоемах. Кроме того, фитопланктон формирует основу всех водных пищевых цепей. Роль зоопланктона также очень велика благодаря тому, что он является в своем роде проводником энергии, поступающей в водоем [2].

Озеро Караколь по своему происхождению является техногенной экосистемой, созданной за счет сбросных термальных вод тепловой электростанции в аридной зоне степей, переходящих в пустыню.

Водоем создан на естественном рельефе (впадине) и ограничен полосой дюнных песков от Каспийского моря [3]. Озеро имеет связь с морем в районе сбросного канала, благодаря чему в техноэкосистему проникли различные гидробионты из естественной экосистемы – планктонные организмы, бентос, макрофиты и рыба [4]. В результате в озере создались благоприятные условия для гнездования, отдыха и зимовки перелетных птиц. Многие из них включены в Красную книгу Республики Казахстан и Международную Красную книгу, что, в свою очередь, определило статус озера как особо охраняемой природной территории.

Антропогенный характер образования озера в значительной степени отличает его от Каспийского моря по ряду гидрохимических показателей, в том числе по солености воды, что является важнейшим фактором, стимулирующий круговорот макро- и микроэлементов в этой экосистеме [3, 5].

Целью наших исследований являлся химико-биологический анализ, в частности определение влияния гидрохимических показателей воды на качественный состав планктонных организмов водной техногенной экосистемы – озера Караколь.

### Материалы и методы исследований

Материалом для исследований послужили пробы воды и пробы фито- и зоопланктона в весенне-летний период 2009–2011 гг.

В ходе исследований использовались стандартные полевые методы – сбор фитопланктона был произведен батиметрическим способом. Зоопланктон отбирали сетью Апштейна (диаметр входного отверстия 25 см, газ № 58). Пробы планктона фиксировались 40 %-м концентрированным формалином. Стандартную камеральную обработку собранного материала проводили в лабораторных условиях счетным методом Гензена в камере Богорова [2, 6–7]. Идентификацию организмов проводили с помощью определителей [8–10]. Гидрохимический анализ проводился стандартными методами [11–14]. Статистическая и графическая обработка выполнена согласно общепринятым методам с использованием компьютерной программы Excel 2003 для Windows [15].

### Результаты исследования

**Гидрохимический анализ.** Исследования гидрохимического состава воды оз. Караколь показали, что соленость воды составила от 13,20 до 13,62 ‰ при среднем значении  $13,19 \pm 0,2$  ‰.

Значение водородного показателя (рН) играет значительную роль в процессах превращения различных форм элементов в водоеме. Согласно существующей классификации, вода озера относится к рассолам со слабощелочной реакцией, рН составил в среднем  $8,04 \pm 0,019$ . Температурный показатель составил  $23,67 \pm 0,333$  °С (рис. 1). Показатели содержания кислорода были невысокими – всего  $2,667 \pm 0,219$  мг/л.

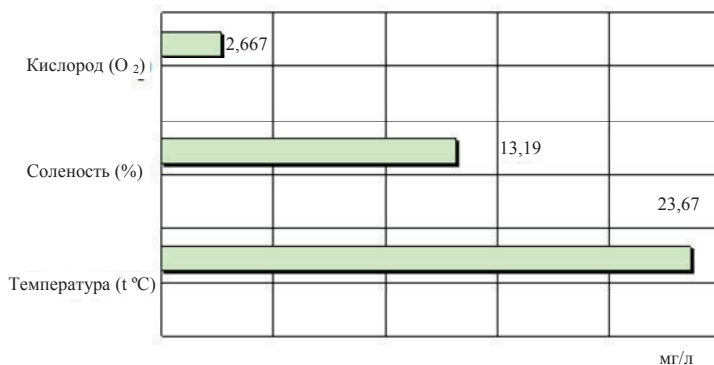


Рис. 1. Средние значения некоторых гидрохимических показателей в оз. Караколь

Содержание биогенных элементов в значительной степени обуславливает биологическую продуктивность водоема. По результатам исследований содержание *аммонийного азота* в воде озера не превышало установленный норматив (ПДК = 0,4) и составило  $0,06 \pm 0,015$  мг/л. Концентрация *нитратного* (NO<sub>3</sub>) и *нитритного* (NO<sub>2</sub>) азота составила  $0,9 \pm 0,1$  и  $0,005 \pm 0,001$  мг/л соответственно, что также не превышало ПДК (рис. 2).

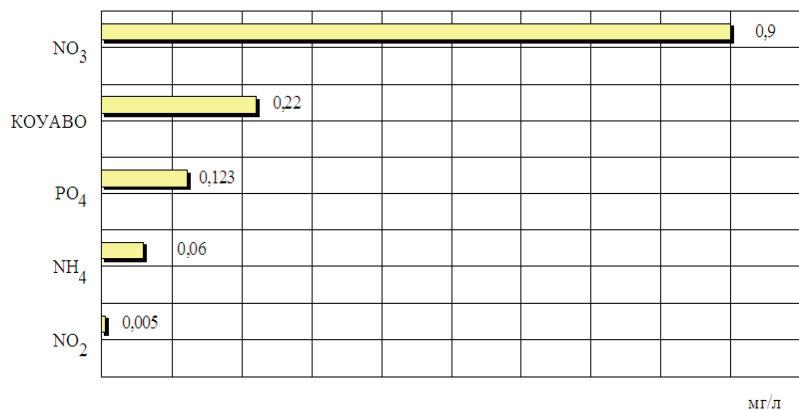


Рис. 2. Содержание биогенных веществ в оз. Караколь:  
КОУАВО – коэффициент относительной утилизации азота водными организмами

Содержание *соединений фосфора* в водоеме отмечалось на уровне  $0,123 \pm 0,035$  мг/л, что является нормой для мезотрофных водоемов. В морских водах, где реакция всегда щелочная, *железа* (Fe) мало, причем оно присутствует главным образом в коллоидной форме, в виде гидрата окиси железа. Концентрация общего железа в воде составляла  $0,027 \pm 0,003$  мг/л.

Концентрация *свинца* в воде оз. Караколь составляла  $0,035\text{--}0,039$  мг/дм<sup>3</sup>, т. е. превышала ПДК в 6,5 раза. Аналогично вели себя *хром* и *медь*: концентрация хрома в водах составила  $0,120\text{--}0,127$  мг/дм<sup>3</sup> (1,8 ПДК), концентрация меди – в среднем  $0,027$  мг/дм<sup>3</sup>, превысив ПДК в 5,4 раза. Максимальная концентрация цинка в период исследований составляла  $0,043$  мг/дм<sup>3</sup>, что очень близко к ПДК =  $0,05$  (рис. 3).

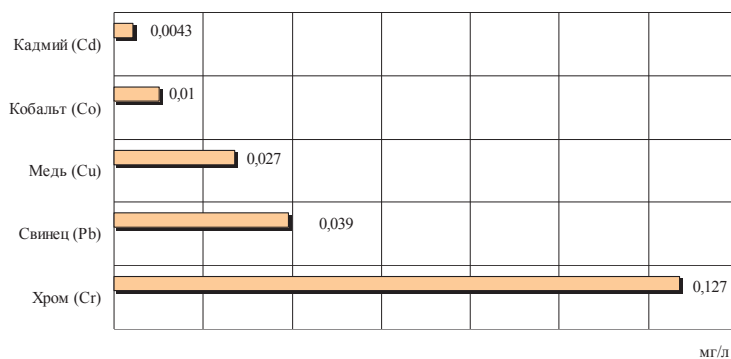


Рис. 3. Содержание металлов в оз. Караколь

**Фитопланктон** оз. Караколь отличается от планктонных фитоценозов Среднего Каспия с нормальной соленостью (12,80–12,85 ‰) своей относительной бедностью морскими элементами и значительным разнообразием солоноватоводных элементов.

В основном фитопланктон был представлен диатомовыми (*Bacillariophyta*), синезелеными (*Cyanophyta*) и зелеными (*Chlorophyta*) водорослями (табл. 1).

Наибольшим видовым разнообразием характеризовались диатомовые водоросли, которые были представлены родами *Gomphonema*, *Navicula*, *Diatoma* Grun. и *Nitzschia* Hass.

Таблица 1

Таксономический спектр фитопланктона оз. Караколь

Отдел	Количество			
	классов	порядков	семейств	родов
<i>Bacillariophyta</i>	2	2	2	4
<i>Cyanophyta</i>	1	1	3	3
<i>Chlorophyta</i>	1	1	3	4

Зеленые водоросли были представлены в период исследования двумя видами – *Dictyosphaerium pulchellum* Wood, 1893 и *Oocystis composite* Pr.-Lavr. sp. nov. (рис. 4) из родов диктиосфериум (*Dictyosphaerium* Näg.) и ооцистис (*Oocystis* Näg.), а также водорослями, относящимися к сем. *Chlorellaceae* Brunthaler, 1913 и р. *Euglena* Ehrenberg, 1830.

Диктиосфериум красивый (*Dictyosphaerium pulchellum* Wood) – это планктонный вид с широкой географией распространения, пресноводный (0,12–0,78 ‰), развивающийся при температуре 15,7–25,4 °С. В Среднем Каспии встречается единично.

Ооцистис сложный (*Oocystis composite* Pr.-Lavr. sp. nov.) – пресноводно-солоноватоводный (3,5–10 ‰) планктонный вид, живущий при температуре 18–25 °С.

Синезеленые (*Cyanophyta*) водоросли представлены 1 классом, 1 порядком, 3 семействами, 3 родами: *Microcystis* Kütz., *Gloeocapsa* (Kütz.) Hollerb. Emend и *Merismopedia* (Meyen) Elenk. emend.

Род мерисмопедия был представлен одним малоизученным видом – мерисмопедией наименьшей (*Merismopedia minima* G. Beck), относящейся к донно-планктонной экологической группе. Этот вид по распространению – космополит, галофильный обитатель обрастаний и по своему отношению к pH – алкалофил + алкалибионт.

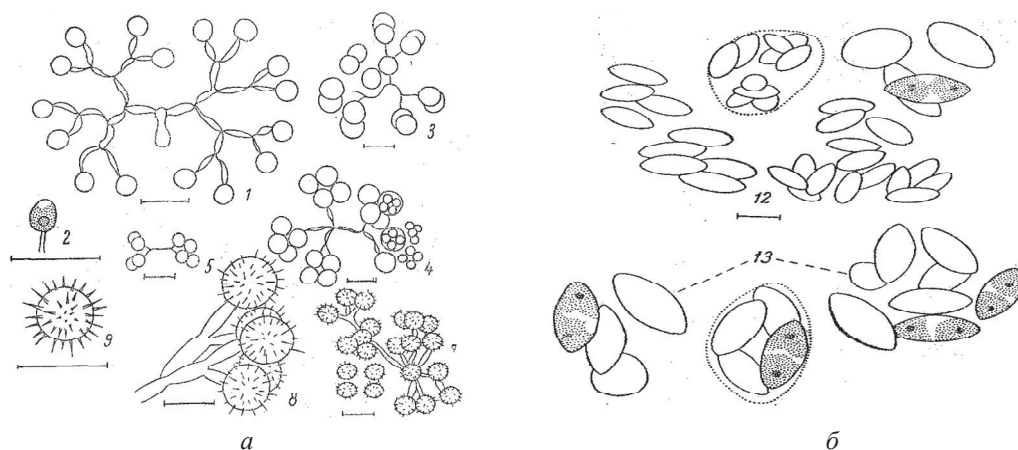


Рис. 4. Внешний вид зеленых водорослей оз. Караколь:  
 а – диктиосфе́риум красивый (*Dictyosphaerium pulchellum* Wood: 1, 3 – колонии;  
 2 – клетки; 4 – образование автоспор; 5 – молодая колония; 7–9 – шиповатая форма;  
 б – ооцистис сложный (*Oocystis composite* Pr.-Lavr. sp. nov.:  
 12 – цинобии; 13 – синценобии

Отметим, что ведущим был комплекс диатомовых водорослей, включающий 4 вида, которые играют значительную роль в формировании фитопланктона.

По мнению К. А. Гусевой, для развития и размножения водорослей оптимальными являются следующие дозы: нитратный азот – 2–5 мг/л; 0,01–0,4 мг/л и 0,1–2,0 мг/л, аммиачный – 0,2–0,5 мг/л; 0,02–0,05 и 0,06–0,2 мг/л для зеленых, диатомовых и синезеленых водорослей соответственно. Железо для развития водорослей требуется в весьма небольших количествах. Особенно требовательны к железу диатомовые водоросли, менее требовательны синезеленые [16].

Вредные вещества, поступающие в водоемы в результате человеческой деятельности, могут как подавлять, так и стимулировать рост водорослей, причем в последнем случае сами водоросли становятся источником беспокойства [17]. Так, изучение альгофлор в местах влияния рудничных вод показывает, что металлы снижают как разнообразие, так и продуктивность сообществ, за исключением синезеленых и диатомовых водорослей, которые в целом менее устойчивы, чем представители *Chlorophyceae*.

Согласно Р. L. Foster [18], воды, загрязненные медью и свинцом, могут приводить к тому, что видовой состав определяется уровнем загрязнения, а не конкретным металлом. Р. J. Say и В. А. Whitton [19] относят *Nitzschia* к типичным представителям альгофлоры водоемов, загрязненных цинком. Для водорослей более ядовитой является медь. Наиболее чувствительны к меди синезеленые [20]. Синезеленые водоросли весьма чувствительны также к кобальту (Co), его содержание в синезеленых в 50 раз выше, чем в других растениях [21]. Следует отметить, что разнообразие фитопланктона, как правило, уменьшается в техногенных экосистемах (водоемах-охладителях), в которых температура воды выше температуры воды естественных источников.

Гидрохимические условия, сложившиеся в оз. Караколь, не позволяют развиваться в нем водорослям, требовательным к определенным химическим элементам, что позволяет нам характеризовать планктонный фитоценоз как качественно бедный.

**Зоопланктон.** Как уже было отмечено выше, одной из основных составляющих водных экосистем является зоопланктонное сообщество. Зоопланктонные организмы чувствительны к изменениям среды обитания. Смена видового состава планктонного сообщества, изменение ареала и другие факторы являются хорошими показателями экологического состояния водных экосистем [22]. Основными факторами, определяющими качественное развитие компонентов биоты водоема-охладителя атомной электростанции, являются тип водоема, источник водного питания, термическое, радионуклидное и токсическое загрязнение, а также эвтрофирование и сапробизация. Наибольшее воздействие на зоопланктон оказывает повышение температуры воды, причиной которого является сбрасывание в водоем вод, подогретых при охлаждении агрегатов электростанции. Это воздействие проявляется в стимулировании или ингибировании развития сообщества и, как следствие, в изменении хода межгодовой и, особенно, межсезонной динамики [23, 24].

Первоначальные исследования зоопланктона весной 2009 г. показали его качественную бедность, были зарегистрированы представители двух отрядов ракообразных – *Copepoda* и *Ostracoda*, из простейших – представители подкласса *Foraminifera* и класса *Oligochaeta*. Показатели развития зоопланктонного сообщества в 2010 г. не имели серьезных отличий от таковых в 2009 г.

Летом 2011 г. зоопланктофауна оз. Караколь была представлена в основном небольшим количеством видов из отряда веслоногих (*Copepoda*), относящихся к трем подотрядам – *Calanoida*, *Cyclopoida* и *Harpacticoida*.

Подотряд *Calanoida* в зоопланктоне водоема представлен формами, относящимися к семействам *Temoridae* и *Pseudodiaptomidae* G. O. Sars. Веслоногие раки были представлены единственным видом из семейства *Pseudodiaptomidae* G. O. Sars – эвритермным *Calanipeda aquaedulcis* (Kritsch, 1873), а семейство *Temoridae* – прибрежным, эвригалинным пелагическим видом – *Hetercope caspia* (G. O. Sars, 1897).

Особенности экологии *C. aquaedulcis* (обитание в нестабильных внутренних водоёмах, распреснённых в Черноморско-Азово-Каспийском бассейне, гиперсолёных водах Адриатики) предполагают высокую устойчивость этого вида к изменению солёности (широкоэвригалинный осмоконформер), что позволяет использовать его в качестве модельного объекта эколого-физиологических исследований [25]. Согласно [26, 27], каланипеды питаются клетками диатомовых водорослей, а в отдельные периоды могут питаться преимущественно бактериями, детритом и вполне могут обеспечивать свои потребности в пище.

*H. caspia* по своей биологии является теплолюбивым и автохтонным видом, питающимся фильтрационным способом.

Другой подотряд – *Cyclopoida* представлен в основном личиночными стадиями, за исключением половозрелых форм семейства *Cyclopidae*. Данное семейство в планктоне оз. Караколь было представлено эндемиком Каспийского моря, эвригалинным и эвритермным видом *Haliencyclops sarsi* Akatova и *Cyclops sp.*

Данные представители циклопов обладают высокой стойкостью к дефициту кислорода в воде, кислой среде и многим другим факторам, неблагоприятным для остальных морских и пресноводных организмов.

Гарпактициды (подотряд *Harpacticoida*) были представлены полностью личиночными формами.

Простейшие характеризуются средним качественным разнообразием инфузорий и фораминифер. В планктоне встречались также пелагические личинки донных животных.

Инфузории были представлены морскими тинтиннидами – альгофагом *Codanella relicta* (forma typica) Minkiewitsch и микрофагом *Tintinnopsis mitra* Grimm [28], широко распространенными в открытой части Каспийского моря.

Фораминиферы были представлены *Ammonia beccarii* (L.) subsp. *caspica* Shchedrina subsp. n.

Было зафиксировано также присутствие личинок усоногих ракообразных *Balanus improvisus* Darwin, насекомых *Chironomidae* и теплолюбивых коловраток из р. *Brachionus* Pallas.

### Заключение

По результатам исследований можно сделать вывод, что время взятия проб и своеобразный режим техноэкосистемы полужамкнутого типа обусловили качественную бедность планктонных организмов.

Альгоценоз оз. Караколь был представлен диатомовыми, синезелеными и зелеными водорослями. Наиболее разнообразным был видовой состав диатомовых (*Bacillariophyta*). За диатомеями *Chlorophyta* и *Cyanophyta*.

Основными факторами, влияющими на длительность развития и выживаемость копепод, являются температура ( $21 \pm 1,5$  °C), количественные и качественные характеристики питания [29, 30], т. к. при сильном прогреве (более 6 °C [31]) и в присутствии различных химических веществ в водоемах наблюдаются значительные нарушения биологического режима: вытесняются холодолюбивые формы организмов, снижается продуктивность фауны и флоры, сокращается видовой состав фито- и зоопланктона.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Транский В. И. Фитосанитарная диагностика в интегрированной защите зерновых культур / В. И. Транский // Сборник методических рекомендаций по защите растений / под ред. К. В. Новожилова. СПб.: ВИЗР, 1998. С. 5–55.

2. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция / под ред. Г. Г. Винберга, Г. М. Лаврентьева. Ленинград: ГосНИОРХ, 1982. 33 с.
3. Карапун М. Ю. Гидрохимическая характеристика озера Караколь (Казахстан) / М. Ю. Карапун // Естественные науки. 2011. № 1 (34). С. 59–64.
4. Зайцев В. Ф. Биоразнообразие озера Караколь / В. Ф. Зайцев, О. В. Обухова, М. Ю. Карапун, Т. Д. Бисекенов // Проблемы сохранения и рационального использования биоразнообразия Прикаспия и сопредельных регионов. VII заоч. Междунар. науч.-практ. конф. Элиста, 2010. С. 68–70.
5. Голубкина Н. А. Селеновый статус озера Караколь, Казахстан / Н. А. Голубкина, М. Ю. Карапун, В. Ф. Зайцев // Проблемы биогеохимии и геохимической экологии. 2012. № 2 (19). С. 3–10.
6. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений // Под ред. В. А. Абакумова. Ленинград: Гидрометеиздат, 1983. 239 с.
7. Звягинцев А. Ю. Морские техноэкосистемы энергетических станций / А. Ю. Звягинцев, А. В. Мощенко. Владивосток: Дальнаука, 2010. С. 25–29.
8. Прошкина-Лавренко А. И. Водоросли планктона Каспийского моря / А. И. Прошкина-Лавренко, И. В. Макарова. Ленинград: Наука, 1968. 295 с.
9. Атлас беспозвоночных Каспийского моря / под ред. Я. А. Бирштейна, Л. Г. Виноградова, Н. Н. Кондакова, М. С. Кун, Т. В. Астаховой, Н. Н. Романовой. М.: Пищ. пром-сть, 1968. 414 с.
10. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. Т. 2. Ракообразные / под ред. С. Я. Цалолыхина. СПб., 1995. 628 с.
11. ГОСТ 17.1.5.05-85. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков. М., 1985. 13 с.
12. Контроль химических и биологических параметров окружающей среды // Под ред. Л. К. Исаева. СПб.: Экол.-аналит. информ. центр «Союз», 1988. 896 с.
13. Методика выполнения измерений массовых концентраций алюминия, бария, бериллия, ванадия, железа, кадмия, кобальта, лития, марганца, меди, молибдена, мышьяка, никеля, олова, свинца, селена, стронция, титана, хрома, цинка в природных и сточных водах методом атомно-абсорбционной спектроскопии с использованием атомно-абсорбционного спектрометра с электротермической атомизацией «МГА-915». ПНД Ф 14.1:2.253-09. М., 2009. 35 с.
14. Андрианов В. А. Оценка качественного состояния ландшафтов Северного Прикаспия с использованием спектральных методов анализа: моногр. / В. А. Андрианов, Е. Г. Булаткина, Г. И. Сакирко, В. А. Плакитин. Астрахань: изд. Сорокин Р. В., 2012. 240 с.
15. Лакин Г. Ф. Биометрия: учебное пособие для вузов / Г. Ф. Лакин. М.: Высш. шк., 1990. 352 с.
16. Гусева К. А. «Цветение» воды, его причины, прогноз и меры борьбы с ним / К. А. Гусева // Тр. Всесоюз. гидробиол. о-ва. 1952. Т. IV. С. 3–92.
17. Саут Р. Основы альгологии / Р. Саут, А. Уиттик. М.: Мир, 1990. С. 431–442.
18. Foster P. L. Species associations and metal contents of algae from rivers polluted by heavy metals / P. L. Foster Freshwater Biol. 1982. N 12. P. 17–39.
19. Say P. J. Chemistry and benthic algae of a zinc polluted stream in the northern Pennines / P. J. Say, V. A. Whitton. Brir. Phycol. J. 1978. N 13. P. 206.
20. Киселев И. А. Планктон морей и континентальных водоемов. Ч. 2. Распределение, сезонная динамика, питание и значение / И. А. Киселев. Л.: Наука, 1980. 440 с.
21. Сиренко Л. А. Синезеленые – друзья или враги? / Л. А. Сиренко // Известия. 1975. № 154. С. 3.
22. Зайцев В. Ф. Моделирование динамики популяции некоторых видов гидробионтов Каспийского моря в связи с предстоящим освоением нефтегазовых месторождений / В. Ф. Зайцев, С. В. Шипулин, Р. А. Тарасова, А. К. Шахманова // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. 2006. № 6 (35). С. 223–229.
23. Поливанная М. Ф. Зоопланктон водоемов-охладителей тепловых электростанций Украины / М. Ф. Поливанная, О. А. Сергеева // Гидрохимия и гидробиология водоемов-охладителей тепловых электростанций СССР. Киев: Наук. думка, 1971. С. 188–206.
24. Мордухай-Болтовской Ф. Д. Проблема влияния тепловых и атомных электростанций на гидробиологический режим водоемов (обзор) / Ф. Д. Мордухай-Болтовской // Экология организмов водоемов-охладителей: Тр. Ин-та биол. внутр. вод. 1975. Вып. 27 (30). С. 7–69.
25. Губарева Е. С. Соленостная толерантность копепод *Calanipeda aquaedulcis* и *Arctodiaptomus salinus* (*Calanoida*, *Copepoda*) / Е. С. Губарева, Л. С. Светличный // Морский экологический журнал. 2011. Т. X, № 4. С. 32–39.
26. Гонько А. Ф. Материалы о питании *Calanipeda aquae-dulcis* (Crustacea, Calanoida) в Азовском море / А. Ф. Гонько // Тр. АзНИИРХ. 1963. Вып. 6. С. 3–5.
27. Полянина А. А. Виды-вселенцы в Каспии и их роль в экосистеме моря / А. А. Полянина. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ, 2007. С. 27–29.
28. Брянцева Ю. В. Расчет объемов клеток микроводорослей и планктонных инфузорий Черного моря / Ю. В. Брянцева, А. В. Курилов. Севастополь: ИнБИОМ, 2003. 20 с.

29. Cook K. B. Naupliar development times and survival of the copepods *Calanus helgolandicus* and *Calanus finmarchicus* in relation to food and temperature / K. B. Cook, A. Bunker, Hay et al. // J. Plank. Res. 2007. 9. P. 757–767.
30. Wiggert J. D. A modelling study of developmental stage and environmental variability effects on copepod for-aging / J. D. Wiggert, E. E. Hofmann, G-A. Paffenhofer // ICES J. Mar. Sci. 2008. 65. P. 379–398.
31. Волкова И. В. Оценка качества воды водоёмов рыбохозяйственного назначения с помощью гидробионтов: учеб. пособие / И. В. Волкова, Т. С. Ершова, С. В. Шипулин. М.: Колос, 2009. 351 с.

## REFERENCES

1. Transkii V. I. Fitosanitarnaya diagnostika v integrirovannoi zashchite zernovykh kul'tur [Phyto-sanitarian diagnostics in integrated protection of crops]. *Sbornik metodicheskikh rekomendatsii po zashchite rastenii*. Pod redaktsiei K. V. Novozhilova. Saint Petersburg, VIZR Publ., 1998, pp. 5–55.
2. *Metodicheskie rekomendatsii po sboru i obrabotke materialov pri gidrobiologicheskikh issledovaniyakh na presnovodnykh vodoemakh. Zooplankton i ego produktivnaya [Methodical recommendations on collection and processing of the materials during hydrobiological studies of freshwater reservoirs]*. Pod redaktsiei G. G. Vinberga, G. M. Lavrent'eva. Leningrad, GosNIORKh, 1982. 33 p.
3. Karapun M. Iu. Gidrokhimicheskaya kharakteristika ozera Karakol' (Kazakhstan) [Hydrochemical characteristics of the lake Karakol (Kazakhstan)]. *Estestvennye nauki*, 2011, no. 1 (34), pp. 59–64.
4. Zaitsev V. F., Obukhova O. V., Karapun M. Iu., Bisekenov T. D. Bioraznoobrazie ozera Karakol' [Biodiversity of the lake Karakol]. *Problemy sokhraneniya i ratsional'nogo ispol'zovaniya bioraznoobraziya Prikaspiya i sopredel'nykh regionov. VII zaochnaya Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya*. Elista, 2010, pp. 68–70.
5. Golubkina N. A., Karapun M. Iu., Zaitsev V. F. Selenovyy status ozera Karakol', Kazakhstan [Selenium status of the lake Karakol, Kazakhstan]. *Problemy biogeokhimi i geokhimicheskoi ekologii*. 2012, no. 2 (19), pp. 3–10.
6. *Rukovodstvo po metodam gidrobiologicheskogo analiza poverkhnostnykh vod i donnykh otlozhenii* [Guidelines on the methods of hydrobiological analysis of surface waters and bottom sediments]. Pod redaktsiei V. A. Abakumova. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1983. 239 p.
7. Zviagintsev A. Iu., Moshchenko A. V. *Morskije tekhnokosistemy energeticheskikh stantsii* [Sea technical ecosystems of energetic stations]. Vladivostok, Dal'nauka Publ., 2010, pp. 25–29.
8. Proshkina-Lavrenko A. I., Makarova I. V. *Vodorosli planktona Kaspiiskogo moria* [Algae of plankton of the Caspian Sea]. Leningrad, Nauka Publ., 1968. 295 p.
9. *Atlas bespozvonochnykh Kaspiiskogo moria* [Atlas of invertebrates of the Caspian Sea]. Pod red. Ia. A. Birshteina, L. G. Vinogradova, N. N. Kondakova, M. S. Kun, T. V. Astakhovoi, N. N. Romanovoi. Moscow, Pishchevaia promyshlennost' Publ., 1968. 414 p.
10. *Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Rossii i sopredel'nykh territorii. Vol. 2. Rakobraznye* [Determinant of freshwater invertebrates in Russia and co-joint territories. Vol.2. Crustacea]. Pod redaktsiei S. Ia. Tsololikhina. Saint Petersburg, Publ., 1995. 628 p.
11. *GOST 17.1.5.05-85. Obshchie trebovaniya k otboru prob poverkhnostnykh i morskikh vod, l'da i atmosferykh osadkov* [General requirements to the selection of the samples of surface and sea waters, ice and atmospheric precipitations]. Moscow, 1985. 13 p.
12. *Kontrol' khimicheskikh i biologicheskikh parametrov okruzhaiushchei sredy* [Control of chemical and biological parameters of the environment]. Pod redaktsiei L. K. Isaeva. Saint Petersburg, Ekologo-analiticheskii informatsionnyi tsentr «Soiuz», 1988. 896 p.
13. *Metodika vypolneniya izmerenii massovykh kontsentratsii aliuminiya, bariya, berilliya, vanadiya, zheleza, kadmia, kobalta, litiya, margantsa, medi, molibdena, mysh'iyaka, nikelia, olova, svintsa, selena, strontsiya, titana, khroma, tsinka v prirodnykh i stochnykh vodakh metodom atomno-absorbtsionnoi spektroskopii s pol'zovaniem atomno-absorbtsionnogo spektrometra s elektrotermicheskoi atomizatsiei «MGA-915»*. PND F 14.1:2.253-09 [Techniques of measurements of mass concentrations of aluminium, barium, beryllium, vanadium, iron, cadmium, cobalt, lithium, manganese, copper, molybdenum, arsenic, nickel, tin, lead, selenium, strontium, titanium, chrome, zinc in natural and sewage waters using the method of atom-absorption spectroscopy with the help of atom-absorption spectrometer with electrothermal atomization “MGA-915”. PND F 14.1:2.253-09]. Moscow, 2009. 35 p.
14. Andrianov V. A., Bulatkina E. G., Sakirko G. I., Plakitin V. A. *Otsenka kachestvennogo sostoyaniya landshaftov Severnogo Prikaspiya s ispol'zovaniem spektral'nykh metodov analiza* [Evaluation of the qualitative state of the landscapes of the Northern Near-Caspian using spectral methods of the analysis]. Astrakhan, Izd. Sorokin R. V., 2012. 240 p.
15. Lakin G. F. *Biometriya* [Biometry]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1990. 352 p.
16. Guseva K. A. «Tsvetenie» vody, ego prichiny, prognoz i mery bor'by s nim [Blooming of the water, its causes, prognosis and ways of its elimination]. *Trudy Vsesoiuznogo gidrobiologicheskogo obshchestva*, 1952, vol. IV, pp. 3–92.
17. Saut R., Uittik A. *Osnovy al'gologii* [Basis of algology]. Moscow, Mir Publ., 1990, pp. 431–442.
18. Foster P. L. Species associations and metal contents of algae from rivers polluted by heavy metals. *Freshwater Biol.*, 1982, no. 12, pp. 17–39.
19. Say P. J., Whitton B. A. Chemistry and benthic algae of a zinc polluted stream in the northern Pennines. *Br. J. Phycol.* 1978, no. 13, p. 206.

20. Kiselev I. A. *Plankton morei i kontinental'nykh vodoemov. Ch. 2. Raspređenje, sezonnaia dinamika, pitanie i znachenie* [Plankton of seas and continental water basins. Ch.2. Allocation, seasonal dynamics, feeding and meaning]. Leningrad, Nauka Publ., 1980. 440 p.
21. Sirenko L. A. *Sinezelenye – druz'ia ili vrugi* [Blue-green – friends or enemies]? *Izvestiia*, 1975, no. 154, p. 3.
22. Zaitsev V. F., Shipulin S. V., Tarasova R. A., Shakhmanova A. K. Modelirovanie dinamiki populiatsii nekotorykh vidov gidrobiontov Kaspiiskogo moria v sviazi s predstoiashchim osvoeniem neftegazovykh mestorozhdenii [Modeling of the dynamics of population of some kinds of hydrobionts of the Caspian Sea in relation to the imminent mastering of oil-gas fields]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2006, no. 6 (35), pp. 223–229.
23. Polivannaia M. F., Sergeeva O. A. Zooplankton vodoemov-okhladitelei teplovykh elektrostantsii Ukrainy [Zooplankton of water reservoirs-coolers of heat power stations in the Ukraine]. *Gidrokhiimiia i gidrobiologiia vodoemov-okhladitelei teplovykh elektrostantsii SSSR*. Kiev, Naukova dumka Publ., 1971, pp. 188–206.
24. Mordukhai-Boltovskoi F. D. Problema vliianiia teplovykh i atomnykh elektrostantsii na gidrobiologicheskii rezhim vodoemov (obzor) [The problem of influence of heat and atom power stations on the hydrobiological mode of water basins (survey)]. *Ekologiia organizmov vodoemov-okhladitelei. Trudy Instituta biologii vnutrennikh vod*, 1975, iss. 27 (30), pp. 7–69.
25. Gubareva E. S., Svetlichnyi L. S. Solenostnaia tolerantnost' kopepod *Calanipeda aquaedulcis* i *Arctodiaptomus salinus* (Calanoida, Copepoda) [Salinity tolerance of copepods *Calanipeda aquaedulcis* and *Arctodiaptomus salinus* (Calanoida, Copepoda)]. *Mors'kii ekologicheskii zhurnal*, 2011, vol. X, no. 4, pp. 32–39.
26. Gon'ko A. F., Aldakimova A. Ia. Materialy o pitanii *Calanipeda aquae-dulcis* (Crustacea, Calanoida) v Azovskom more [Materials on nutrition of *Calanipeda aquae-dulcis* (Crustacea, Calanoida) in Azov Sea]. *Trudy Azovskogo nauchno issledovatel'skogo instituta rybnogo khoziaistva*, 1963, iss. 6, pp. 3–5.
27. Polianina A. A. *Vidy-vselentsy v Kaspii i ikh rol' v ekosisteme moria* [Species-invaders in the Caspian Sea and their role in the marine ecosystem]. Astrakhan, Izd-vo KaspNIRKh, 2007, pp. 27–29.
28. Briantseva Iu. V., Kurilov A. V. *Raschet ob'emov kletok mikrovdoroslei i planktonnykh infuzorii Chernogo moria* [Calculation of the volumes of cells of microalgae and plankton infusoria of the Black Sea]. Sevastopol, InBIUM, 2003. 20 p.
29. Cook K. B., Bunker A., Hay et al. Naupliar development times and survival of the copepods *Calanus helgolandicus* and *Calanus finmarchicus* in relation to food and temperature. *J. Plank. Res.*, 2007, 9, pp. 757–767.
30. Wiggert J. D., Hofmann E. E., Paffenhofer G-A. A modelling study of developmental stage and environmental variability effects on copepod for-aging. *ICES J. Mar. Sci.*, 2008, 65, pp. 379–398.
31. Volkova I. V., Ershova T. S., Shipulin S. V. *Otsenka kachestva vody vodoemov rybokhoziaistvennogo naznacheniia s pomoshch'iu gidrobiontov* [Assessment of the quality of the water of the fishery water basins using hydrobionts]. Moscow, Kolos Publ., 2009. 351 p.

Статья поступила в редакцию 24.06.2013

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

**Карapun Михаил Юрьевич** – Астраханский государственный технический университет; аспирант кафедры «Гидробиология и общая экология»; [aktay\\_misha@yahoo.com](mailto:aktay_misha@yahoo.com).

**Карapun Mikhail Yurievich** – Astrakhan State Technical University; Postgraduate Student of the Department "Hydrobiology and General Ecology"; [aktay\\_misha@yahoo.com](mailto:aktay_misha@yahoo.com).

**Юрченко Вера Витальевна** – Астраханский государственный технический университет; старший преподаватель кафедры «Гидробиология и общая экология»; [aktay\\_misha@yahoo.com](mailto:aktay_misha@yahoo.com).

**Yurchenko Vera Vitalievna** – Astrakhan State Technical University; Senior Lecturer of the Department "Hydrobiology and General Ecology"; [aktay\\_misha@yahoo.com](mailto:aktay_misha@yahoo.com).

**Бирюкова Мария Георгиевна** – Астраханский государственный технический университет; студентка, специальность «Аквакультура и водные биоресурсы»; [mizuirono@yahoo.com](mailto:mizuirono@yahoo.com).

**Biryukova Maria Georgievna** – Astrakhan State Technical University; Student, Specialty "Aquaculture and Aquatic Bioresources"; [mizuirono@yahoo.com](mailto:mizuirono@yahoo.com).

**Айтимова Айнажан Маратовна** – Астраханский государственный технический университет; аспирант кафедры «Гидробиология и общая экология»; [aitimova\\_ainazhan@mail.ru](mailto:aitimova_ainazhan@mail.ru).

**Aytimova Aynazhan Maratovna** – Astrakhan State Technical University; Postgraduate Student of the Department "Hydrobiology and General Ecology"; [aitimova\\_ainazhan@mail.ru](mailto:aitimova_ainazhan@mail.ru).