

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 579.266+579.68

ПРОДУКЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СОЛЕНОЙ РЕКИ ЧЕРНАВКА (ПРИЭЛЬТОНЬЕ)

© 2024 г. Т. А. Канапацкий^{а, *}, О. С. Самылина^а, Л. В. Головатюк^{б, с},
И. И. Русанов^а, Е. Е. Захарова^а, В. В. Кевбрин^а, Т. Д. Зинченко^б, Н. В. Пименов^а

^аИнститут микробиологии им. С.Н. Виноградского ФИЦ Биотехнологии РАН, Москва, 119071, Россия

^бИнститут экологии Волжского бассейна РАН, Тольятти, 445003, Россия

^сИнститут биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН,

пос. Борок, Некоузский р-н, Ярославская обл., 152742 Россия

*e-mail: timkanap@yandex.ru

Поступила в редакцию 16.10.2023 г.

После доработки 13.11.2023 г.

Принята к публикации 16.11.2023 г.

Радиоизотопным методом определена интенсивность первичной продукции планктонных сообществ, которая в разные сезоны изменялась в широком диапазоне от 6 до 314 мкг С/л/ч. В цианобактериальных матах интенсивность первичной продукции составляла $4.2\text{--}10.9 \times 10^3$ мкг С/дм³/ч, а содержание Chl *a* варьировало от 6–13 мг Chl *a*/м² до 132–140 мг Chl *a*/м². В планктоне наибольшие показатели выявлены летом ($25\text{--}46$ мг Chl *a*/м³) с наибольшим значением в августе – 223 мг Chl *a*/м³. Обнаружены высокие значения численности бактериопланктона ($0.3\text{--}7.4 \times 10^6$ кл/мл) и массовое развитие диатомовых водорослей (0.15×10^6 кл/мл) с доминированием представителей рода *Chaetoceros*. Интенсивность сульфатредукции варьировала от 0.037 мкмоль S/дм³/ч в верхнем течении до 61.87 мкмоль S/дм³/ч в устьевом участке.

Ключевые слова: первичная продукция, сульфатредукция, планктон, цианобактериальные сообщества, соленые реки, соленое озеро

DOI: 10.31857/S0026365624020046

На севере прикаспийской низменности располагается самое крупное в Европе соленое самосадочное озеро Эльтон. Экосистема озера с большим градиентом солёности представляет собой высокопродуктивный оазис жизни в суровых условиях резко континентального климата опустыненных степей (Golovatyuk et al., 2020).

Питание озера происходит за счет впадения 7 рек с разной солёностью (9.8–335‰). В устьевых мелководных (2–5 см) участках при смешении с рапой (300–540‰) озера формируются условия для массового развития бентосных цианобактериальных сообществ (30–45‰) (ЦБС) и альгобактериальных сообществ с диатомовыми водорослями (30–80‰). ЦБС представляют собой цианобактериальные пленки и однолетние маты, развивающиеся на дне или всплывающие. Площадь покрытия осадков ЦБС при благоприятных условиях может достигать 100%. Верховья и рукава рек в дельтах могут пересыхать в засушливые сезоны, а скорость течения воды зависит от воздействия ветра (в устьевом участке часто обратное нагонное течение) и обводненности. Такой режим оказывает заметное влияние на гидрохимические

параметры водной толщи и поверхностных осадочных отложений.

Важной характеристикой поверхностных горизонтов донных осадков рек Приэльтона являются высокие показатели плотности зообентоса. Рекордные численности малощетинковых червей *Potamothrix caspica*, ракушковых рачков *Cyprideis torosa* в отсутствии ихтиофауны становятся конечным трофическим звеном и источником питания аборигенных и перелетных водоплавающих птиц (Zinchenko et al., 2017; Gusakov et al., 2021).

В проводимых ранее исследованиях в мае и августе в приустьевом районе р. Чернавка радиоизотопным методом были измерены скорости первичной продукции, сульфатредукции, образования и окисления метана, а также методом высокопроизводительного секвенирования гена 16S рРНК выявлены основные группы прокариотных микроорганизмов. (Канапацкий, 2018). При этом скорости первичной продукции в планктонном сообществе не были изучены. Поэтому целью данного исследования стало выявление естественного потенциала продуктивности микробных сообществ

(планктонных и бентосных), являющихся пищевым ресурсом зообентоса.

Биогеохимические и микробиологические исследования проводили в мае, июне, августе, октябре 2017 г. на 4-х станциях (ст.) реки Чернавка: ст. 1 в среднем течении; ст. 2 в устьевом участке, подверженном контакту с озерными водами; ст. 3 в устьевой зоне в одном из рукавов русла, пересохшем в августе; ст. 4 — самая “озерная” станция, в месте развития цианобактериальных сообществ.

Соленость определяли портативным рефрактометром ATAGOATC-S/Mill-E (Япония). Щелочность воды (Alk) в мг-экв/л измеряли титриметрическим методом с помощью стандартного набора реактивов (“Merck”, Германия). Иловые воды получали центрифугированием осадков. Содержание сульфатов определяли на ионном хроматографе Стайер (Россия). Окислительно-восстановительный потенциал (E_h , мВ) измеряли при помощи полевого потенциометра pH 320/Set-1 (“WTW”, Германия).

Биомассу фототрофных сообществ оценивали по содержанию хлорофилла a . Для этого отбирали образцы матов площадью 4 см² в трех повторностях. Пигменты экстрагировали из биомассы 80%-ым

ацетоном. Суммарные спектры поглощения пигментов снимали на спектрофотометре Carry 100Bio (“Varian”, США). Расчеты проводили, используя стандартные формулы (Намсараев, 2009).

Первичную продукцию планктонных и фототрофных сообществ, скорости сульфатредукции и темновой ассимиляции углекислоты (ТАУ) определяли радиоизотопным методом непосредственно в полевых условиях. Обработку образцов проводили по методике, описанной ранее (Pimenov, Bonch-Osmolovskaya, 2006; Канапачкий, 2018). Продуктивность сообществ рассчитывали с учетом глубины воды на станции и толщины фототрофной части мата (0.5 см) в мг С/(м²/ч). Общую численность бактерий и диатомовых водорослей определяли прямыми микроскопическими методами на основании подсчета общей численности и измерения среднего объема клеток (Cooper et al., 2015).

Установлено, что содержание Chl a в бентосных цианобактериальных сообществах варьировало от 6 до 13 мг Chl a /м² в мае/июне и от 132 до 140 мг Chl a /м² в октябре/августе. В планктоне наименьшие показатели выявлены в мае и октябре (от 6 до 12 мг Chl a /м³), самая мелководная и “озерная” станция характеризовалась повышенным содержанием Chl a — 50 мг Chl a /м³.

Таблица 1. Значения первичной продукции (ПП, мкг С/л/ч (мкг С/дм³/ч)) и содержание Chl a в планктонных (П, мг Chl a /м³) и бентосных (Б, мг Chl a /м²) микробных сообществах, общая численность диатомовых (ОЧД, $\times 10^3$ кл/мл), н.д. — не детектировались

Станция	Тип сообщества	Alk, мг-экв/л /S, ‰	ПП	Chl a	ОЧД
Май					
Ст. 1	П	7.5/29	260	10	Н.д.
Ст. 2	П	5/29	170	9	Н.д.
Ст. 3	П	5.5/29	72	12	5.7
Ст. 4	П	5/30	160	6	2.8
Ст. 4	Б	5/30	10.9×10^3	6	
Июнь					
Ст. 1	П	6/27	20	25	10.6
Ст. 2	П	7/28	110	39	8.6
Ст. 3	П	4.25/29	280	39	12.7
Ст. 4	П	7/32	15	36	10.6
Ст. 4	Б	7/32	4.2×10^3	13	
Август					
Ст. 1	П	7.5/29	30	26	16.7
Ст. 2	П	6.5/31	315	223	153
Ст. 4	П	3.25/40	180	46	66.5
Ст. 4	Б	3.25/40	10.8×10^3	140	
Октябрь					
Ст. 1	П	7/27	130	7	Н.д.
Ст. 2	П	8/27	60	9	2.4
Ст. 4	П	2.5/29	10	50	17.4
Ст. 4	Б	2.5/29	6.6×10^3	132	

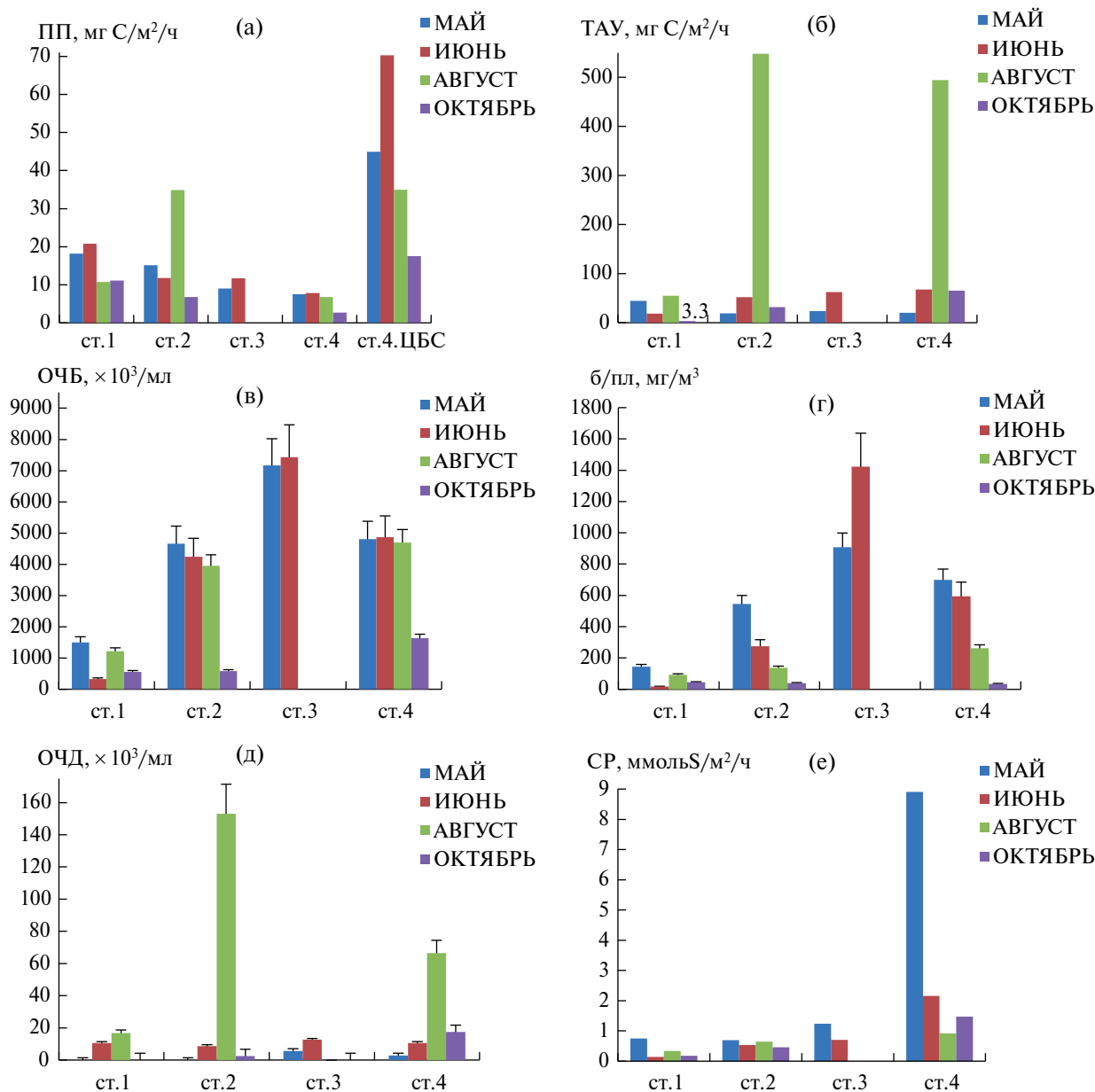


Рис. 1. Характеристики микробных сообществ: а — интегральная первичная продукция (ПП) в планктоне (ст. 1–4) и цианобактериальных сообществах (ЦБС) для ст. 4; б — интегральные значения темновой ассимиляции углекислоты (ТАУ) в горизонте 0–20 см; в — общая численность бактериопланктона (ОЧБ); г — биомасса бактериопланктона (б/пл); д — общая численность диатомовых водорослей (ОЧД); е — интегральные значения сульфатредукции (СР) в горизонте 0–20 см.

Летом величины варьировали от 25 до 46 мг Chl *a*/м³ с наибольшим значением в августе на ст. 2 — 223 мг Chl *a*/м³ (табл. 1).

В сравнении с литературными данными полученные величины в ЦБС характеризовались низкими значениями, по-видимому, в связи с неблагоприятным режимом развития в сгонно-нагонных условиях (Канапацкий, 2018), тогда как содержание Chl *a* в планктоне соответствовало соленым озерам в разных географических зонах (Номоконова, 2013).

Интенсивность первичной продукции (ПП), измеренная в разные сезоны, изменялась в широком

диапазоне: в водной толще от 6 до 315 мкг С/л/ч, в бентосных сообществах — от 4.2×10^3 до 10.9×10^3 мкг С/дм³/ч. Полученные величины первичной продукции уступали значениям в крымских соленых озерах и соответствовали морским заливам и лагунам (Aleksandrov, 2010; Singh et al., 2023).

Расчеты показали, что суммарная продукция планктонным сообществом ОВ под 1 м² варьировала в широком диапазоне от 0.66 до 31.4 мг С/м²/ч. Можно отметить, что в каждом месяце максимальные величины проявлялись на разных станциях: в мае на ст. 1 — 25.7 мг С/м²/ч, в июне на ст. 2 — 31.4 мг С/м²/ч, в августе на ст. 3 — 28.1 мг С/м²/ч. В бентосном

сообществе величины варьировали от 21.2–33 мг С/м²/ч в июне/октябре до 54.2–54.5 мг С/м²/ч в мае/августе (рис. 1а; табл. 2).

В донных осадках в качестве индикатора активности микробного гетеротрофного сообщества была измерена скорость темновой ассимиляции углекислоты в биомассу и РОВ. Величины варьировали в значительном диапазоне, уменьшаясь с углублением в осадочную толщу от 1.1×10^3 мкг С/дм³/ч в поверхностном слое осадка до 6 мкг С/дм³/ч на глубине 44 см. При этом было выявлено два пиковых значения в августе на ст. 2 и ст. 4— 7.7×10^3 и 8×10^3 мкг С/дм³/ч, соответственно. Можно констатировать высокую гетеротрофную активность осадков р. Чернавка, поскольку, например, в эвтрофном мелководном и закрытом Куршском заливе Балтийского моря максимальная величина ТАУ в осадках достигала только 232 мкг С/дм³/ч (Pimenov, 2013). Интегральные значения, рассчитанные для горизонта 0–20 см на разных станциях варьировали от 3.3 мг С/м²/ч в октябре на ст. 1 до 67.8 мг С/м²/ч на ст. 4 в июне. Максимальные значения отмечались в августе на ст. 2 и 4 (494–547 мг С/м²/ч) (рис. 1б).

Величины общей численности бактериопланктона (ОЧБ) варьировали в широком диапазоне от $0.3\text{--}7.4 \times 10^6$ кл/мл, значительно превышая показатели в эстуариях р. Оби, Енисея (Romanova, 2020; 2022) и соответствовали значениям эвтрофных районов Балтийского моря (Кудрявцева, 2012; Мошаров, 2022). Величины биомассы бактериопланктона в большинстве случаев коррелировали с ОЧБ, изменяясь от 17 до 1423.5 мг С/м³. Такие большие значения ОЧБ объясняются мелководностью реки, вследствие чего водная масса фактически является наддонным слоем, активно взаимодействующим с донными осадками (Romanova, 2020; 2022). Значения ОЧБ устьевого участка на ст. 2 и 4 значительно превышали таковые на ст. 1 в верхнем течении. Высокие значения ОЧБ на ст. 3 объясняются очень слабой скоростью течения воды на данной станции. К августу этот участок пересох. Значения измеренных показателей не отражали динамику изменений суммарной продукции ОВ (рис. 1в, 1г). Важно отметить, что было зафиксировано значительное возрастание численности диатомовых водорослей

в августе на ст. 2 и 4, что хорошо коррелировало с возрастанием ассимиляции углекислоты на ст. 2, пиковыми интенсивностями ТАУ в осадках ст. 2 и ст. 4 того же месяца. В планктоне фиксировались навикулоидные и нитциноидные диатомеи со значительным доминированием представителей рода *Chaetoceros* (рис. 1д).

Известно, что терминальным процессом микробного разложения органического вещества в морских и континентальных водоемах с высоким содержанием сульфатов является сульфатредукция (Carone, Kiene, 1988). В воде р. Чернавка содержание сульфатов изменялось от 5.37 до 7.16 ммоль/л, в иловых водах поверхностных (0–8 см) донных осадков в течение года содержание сульфат-иона изменялось от 0.009 до 1.61 ммоль/л, достигая 2.77 ммоль/л на 20 см. В осадках дельты (0–25 см) содержание сульфат-иона изменялось от 0.75 до 3.67 ммоль/л, а на самой “озерной” станции 4 достигало значений 19.76–85.53 ммоль/л.

Наибольшие средние значения скорости СР на всех станциях отмечены в мае (3.3 мкмоль S/дм³/ч), что, по-видимому, связано с активной деструкцией прошлогоднего ОВ. В осадках ст. 1 с июня по октябрь выявляются невысокие значения (0.037–2.78 мкмоль S/дм³/ч), за исключением глубоких (21–29 см) горизонтов в августе (5.87–16.03 мкмоль S/дм³/ч), что может быть связано с неоднородностью илов речного русла. Однако на ст. 2 выявлен подповерхностный горизонт 3–12 см, в котором постоянно сохранялась повышенная интенсивность СР (4.78–6.12 мкмоль S/дм³/ч), на что может влиять особенность режима осаднения ОВ. Эта станция располагалась в зоне активного контакта речных и озерных водных масс, здесь происходит постоянное поступление неразложившегося ОВ и активное его осаднение из-за изменения глубины, скорости течения и ветрового воздействия. Максимальные интенсивности СР выявлены на ст. 4 (61.96 мкмоль S/дм³/ч). Однако с августа интенсивность СР падает до значений 0.93–10.06 мкмоль S/дм³/ч.

Интегральные значения скорости СР, рассчитанные для верхних 20 см осадочной толщи, указывали на повышение интенсивности этого процесса в направлении к устью реки. Независимо от сезона

Таблица 2. Образование ОВ в процессе первичной продукции и расход ОВ при восстановлении сульфата, ммоль С/м²/ч; н.д. — нет данных

Станция	Май		Июнь		Август		Октябрь	
	ПП	Расход С _{орг}	ПП	Расход С _{орг}	ПП	Расход С _{орг}	ПП	Расход С _{орг}
Ст. 1	2.14	1.50	0.17	0.28	0.24	0.66	1.11	0.36
Ст. 2	1.42	1.38	0.9	1.06	2.62	1.3	0.49	0.92
Ст. 3	0.6	2.47	2.34	1.41	Н.д.	Н.д.	Н.д.	Н.д.
Ст. 4	5.87	17.81	1.87	4.31	5.98	1.84	2.81	2.94

года наименьшие значения скорости СР (0.13 до 0.74 ммоль S/м²/ч) обнаружены на ст. 1, а наибольшие — на ст. 4 (1.46 до 8.87 ммоль S/м²/ч).

Расход органического углерода на процессы СР в исследованных осадках можно оценить исходя из обобщенного уравнения этого процесса (Леин, 1983). Учитывая стехиометрию образования из С_{орг} восстановленной серы в процессе СР (2 : 1), с использованием полученных нами данных по скоростям СР был рассчитан расход органического углерода на восстановление сульфатов в осадках р. Чернавка и сопоставлен с интенсивностью первичной продукции (табл. 2).

При сравнении величины ОВ, образующегося в ходе ПП и израсходованного в ходе СР (0–20 см) наиболее активные процессы образования ОВ были зафиксированы в августе. На фоне общей высокой активности ПП было выявлено массовое развитие планктонных диатомовых водорослей в дельте реки, определившее возрастание ассимиляции углекислоты в планктоне, высокие интенсивности ТАУ в осадках ст. 2 и 4 и накопление ОВ. Несмотря на то что в мае и августе на ст. 4 интенсивность ПП как в планктонном, так и бентосном сообществе была практически равная и высокая, количество ОВ, израсходованного в процессе СР, в мае было почти в 10 раз больше, чем в августе. Голубковым М. С. было показано, что в соленых озерах Крыма значительное накопление ОВ в планктоне происходит в осенне-зимний период. Например, в оз. Киркояшское (24–37.5‰) величины накопления ОВ составляют 55–65% годовой ПП планктона. Вероятно, для “озерной” ст. 4 характерно аналогичное замедление деструкционных процессов и продолжение фототрофной активности фитопланктона при низких температурах (Голубков, 2010), как и для р. Чернавка, которая может круглогодично поступать в озеро. В июне и октябре зафиксировано превышение расхода ОВ над продукцией, которое может быть связано с образованием С_{орг} хемоавтотрофными микроорганизмами, поскольку в поверхностных илах возникают благоприятные для них условия при постоянном присутствии продукта сульфатредукции – H₂S и кислорода из воды.

Выявленное соотношение продукционных и деструкционных процессов свидетельствует об их значительной динамике, роли осенне-зимнего периода в накоплении ОВ, а также существовании неучтенных продуцентов ОВ в июне и октябре. Также показана определяющая роль диатомовых водорослей в накоплении ОВ.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда: проект № 23-27-00262

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

Настоящая статья не содержит результатов исследований, в которых в качестве объектов использовались люди или животные.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Голубков М.С. Первичная продукция планктона вдоль градиента солености. Автореферат дис. ... канд. биол. наук, 03.02.2010. СПб: Зоологический институт РАН, 2010. 25 с.
- Канапацкий Т.А., Самылина О.С., Плотников А.О., Селиванова Е.А., Хлопко Ю.А., Кузнецова А.И., Русанов И.И., Захарова Е.Е., Пименов Н.В. Микробные процессы продукции и деструкции органического вещества в солоноводных реках Приэльтона (Волгоградская область) // Микробиология. 2018. Т. 87. С. 56–69.
- Kanapatskiy T.A., Samylina O.S., Plotnikov A.O., Selivanova E.A., Khlopko Yu.A., Kuznetsova A.I., Rusanov I.I., Zakharova E.E., Pimenov N.V. Microbial processes of organic matter production and decomposition in saline rivers of the Lake Elton area (Volgograd oblast, Russia) // Microbiology (Moscow). 2018. V. 87. P. 66–78.
- Кудрявцева Е.А., Саввичев А.С., Александров С.В., Канапацкий Т.А., Пименов Н.В. Бактериопланктон гданьского бассейна Балтийского моря // Микробиология. 2012. Т. 81. С. 377–388.
- Kudryavtseva E.A., Savvichev A.S., Kanapatskii T.A., Pimenov N.V., Aleksandrov S.V. Bacterioplankton of the Gdansk basin, Baltic sea // Microbiology (Moscow). 2012. V. 81. P. 348–359.
- Леин А.Ю. Потребление С_{орг} в процессах анаэробной минерализации органического вещества в современных океанических осадках // Геохимия. 1983. Т. 11. С. 1634–1639.
- Намсараев З.Б. Использование коэффициентов поглощения для расчета концентрации хлорофиллов и бактериохлорофиллов // Микробиология. 2009. Т. 78. С. 836–839.
- Namsaraev Z.B. Application of extinction coefficients for quantification of chlorophylls and bacteriochlorophylls // Microbiology (Moscow). 2009. V. 78. P. 797–797.
- Номоконова В.И., Зинченко Т.Д., Попченко Т.В. Трофическое состояние соленых рек озера Эльтон // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15. № 3 (1). С. 476–483.
- Пименов Н.В., Ульянова М.О., Канапацкий Т.А., Мишкевич И.Н., Русанов И.И., Сигалевич П.А., Немировская И.А., Сивков В.В. Сульфатредукция, образование и окисление метана в поверхностных осадках Вислинского и Куршского заливов Балтийского моря // Микробиология. 2013. Т. 82. С. 228–238.
- Pimenov N.V., Ul'yanova M.O., Kanapatskii T.A., Mitskevich I.N., Rusanov I.I., Sigalevich P.A., Nemirovskaya I.A., Sivkov V.V. Sulfate reduction, methanogenesis, and methane oxidation in the upper sediments of the Vistula and Curonian

- lagoons, Baltic sea // Microbiology (Moscow). 2013. V. 82. P. 224–233.
- Романова Н.Д., Болтенкова М.А., Полухин А.А., Беззубова Е.М., Шука С.А. Гетеротрофный бактериопланктон эстуария Оби в вегетационный сезон: пространственная и временная изменчивость // Океанология. 2022. Т. 62. С. 428–438.
- Romanova N.D., Boltenkova M.A., Polukhin A.A., Bez Zubova E.M., Shchuka S.A. Heterotrophic bacteria of the Ob River estuary during growing season: spatial and temporal variability // Oceanology. 2022. V. 62. P. 369–378.
- Романова Н.Д., Болтенкова М.А. Сезонная изменчивость бактериопланктона эстуария р. Енисей // Океанология. 2020. Т. 60. С. 87–96.
- Romanova N.D., Boltenkova M.A. Seasonal variability of bacterioplankton of the Yenisei estuary // Oceanology. 2020. V. 60. P. 74–82.
- Aleksandrov S.V. Biological production and eutrophication of Baltic Sea estuarine ecosystems: the Curonian and Vistula Lagoons // Marine Pollut. Bull. 2010. V. 61. P. 205–210.
- Capone D.G., Kiene R.P. Comparison of microbial dynamics in marine and fresh-water sediments — contrasts in anaerobic carbon catabolism // Limnol. Oceanogr. 1988. V. 33. P. 725–749.
- Cooper L.W., Savvichev A.S., Grebmeier J.M. Abundance and production rates of heterotrophic bacterioplankton in the context of sediment and water column processes in the Chukchi Sea // Oceanography. 2015. V. 28. P. 84–99.
- Golovatyuk L.V., Zinchenko T.D., Nazarova L.B. Macrozoobenthic communities of the saline Bolshaya Samoroda River (Lower Volga region, Russia): species composition, density, biomass and production // Aquat. Ecol. 2020. V. 54. P. 57–74.
- Gusakov V.A., Makhutova O.N., Gladyshev M.I., Golovatyuk L.V., Zinchenko T.D. Ecological role of *Cyprideis torosa* and *Heterocypris salina* (Crustacea, Ostracoda) in saline rivers of the lake Elton basin: abundance, biomass, production, fatty Acids // Zool. Stud. 2021. V. 60. № 53. P. 5–16.
- Mosharov S.A., Mosharova I.V., Dmitrieva O.A., Semenova A.S., Ulyanova M.O. Seasonal variability of plankton production parameters as the basis for the formation of organic matter flow in the southeastern part of the Baltic Sea // Water. 2022. V. 14. Art. 4099.
- Pimenov N.V., Bonch-Osmolovskaya E.A. In situ activity studies in thermal environments // Methods in Microbiology / Eds. Rainey F. and Oren A. London, United Kingdom: Elsevier, 2006. V. 35. P. 29–53.
- Singh S., Acharyya T., Raulo S., Sudatta B.P., Sahoo C., Srichandan S., Baliarsingh S.K., Lotliker A.A. A Review of phytoplankton primary production in relation to environmental forcing in Indian estuaries // Dynamics of planktonic primary productivity in the Indian Ocean / Eds. Tripathy S.C., Singh A. Switzerland: Springer, 2023. P. 1–29.
- Zinchenko T.D., Golovatyuk L.V., Abrosimova E.V., Popchenko T.V. Macrozoobenthos in saline rivers in the Lake Elton basin: spatial and temporal dynamics // Inland Water Biol. 2017. V. 10. P. 384–398.

 SHORT COMMUNICATIONS

Production Potential of the Chernavka Salt River (Elton Region)

T. A. Kanapatskiy^{1, *}, O. S. Samylina¹, L. V. Golovatyuk^{2, 3}, I. I. Rusanov¹,
E. E. Zakharova¹, V. V. Kevbrin¹, T. D. Zinchenko², and N. V. Pimenov¹

^aWinogradsky Institute of Microbiology, Research Center of Biotechnology,
Russian Academy of Sciences, Moscow, 119071 Russia

^bInstitute of Ecology of Volga Basin, Russian Academy of Sciences, Tolyatti, 445003 Russia

^cPapanin Institute for Biology of Inland Waters, Russian Academy of Sciences, Borok, 152742 Russia

*e-mail: timkanap@yandex.ru

Received October 16, 2023; revised November 13, 2023; accepted November 16, 2023

Abstract—Depending on the season, the primary production of planktonic communities determined by radiotracer analysis varied within a broad range, from 6 to 314 $\mu\text{g C}/(\text{L h})$. Primary production in cyanobacterial mats was $4.2\text{--}10.9 \times 10^3 \mu\text{g C}/(\text{dm}^3 \text{ h})$, and Chl *a* content varied from 6–13 to 132–140 $\text{mg Chl a}/\text{m}^2$. For the plankton, the highest values were revealed in summer (25–46 $\text{mg Chl a}/\text{m}^3$), with the maximum in August (223 $\text{mg Chl a}/\text{m}^3$). High abundance of bacterioplankton ($0.3\text{--}7.4 \times 10^6 \text{ cells}/\text{mL}$) and massive growth of diatoms ($0.15 \times 10^6 \text{ cells}/\text{mL}$) with predominance of the genus *Chaetoceros* were found. Sulfate reduction rates varied from 0.037 $\mu\text{mol S}/(\text{dm}^3 \text{ h})$ in the upper reach to 61.87 $\mu\text{mol S}/(\text{dm}^3 \text{ h})$ in the river mouth.

Keywords: primary production, sulfate reduction, plankton, cyano-bacterial communities, salt rivers, salt lake