

Васильев Николай Викторович – жаратылыстану ғылымдарының магистрі, «Судың ғылыми-технологиялық орталығы» ЖШС техникалық директоры, Қазақстан Республикасы, 150000, Петропавл қ., Интернационал көш. 26, тел.: +7-777-553-21-62, e-mail hu1961@mail.ru.

Ли Юлия Александровна – техникалық құжаттама жөніндегі маманы, «Судың ғылыми-технологиялық орталығы» ЖШС, Қазақстан Республикасы, 150000, Петропавл қ., Интернационал к. 26, тел.: +7-777-978-05-25, e-mail: yulia\_kolmakova@mail.ru.

Golodova Irina Viktorovna\* – Candidate of Chemical Sciences, Laboratory chief, Water Science and Technology Center LLP, Republic of Kazakhstan, 150000, Petropavlovsk, 26 Internatsionalnaya Str., tel.: +7-775-333-27-80, e-mail: igolodova@inbox.ru.

Dzhemaledinova Inna Mikhailovna – Candidate of Agricultural Sciences, Senior Lecturer, Department of agronomy and forestry, M.Kozybayev North Kazakhstan University NPLC, Republic of Kazakhstan, 150000, Petropavlovsk, 86 Pushkin Str., tel.: +7-777-258-64-40, e-mail: Djinna@inbox.ru.

Vasiliyev Nikolay Viktorovich – Master of Natural Sciences, Technical Director, Water Science and Technology Center LLP, Republic of Kazakhstan, 150000, Petropavlovsk, 26 Internatsionalnaya Str., tel.: +7-777-553-21-62, e-mail: hu1961@mail.ru.

Lee Yuliya Aleksandrovna – Technical Documentation Specialist, Water Science and Technology Center LLP, Republic of Kazakhstan, 150000, Petropavlovsk, 26 Internatsionalnaya Str., tel.: +7-777-978-05-25, e-mail: yulia\_kolmakova@mail.ru.

МРНТИ 69.25.19

УДК 574.55:574.622

[https://doi.org/10.52269/22266070\\_2024\\_4\\_81](https://doi.org/10.52269/22266070_2024_4_81)

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СУСПЕНЗИИ ХЛОРЕЛЛЫ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КОРМОВОЙ БАЗЫ ПРЭСНОВОДНЫХ ОЗЕР

Голодова И.В.\* – кандидат химических наук, зав. лабораторией, ТОО «Научно-технологический центр воды», г. Петропавловск, Республика Казахстан.

Васильев Н.В. – магистр естественных наук, технический директор, ТОО «Научно-технологический центр воды», г. Петропавловск, Республика Казахстан.

Хайбуллина А.О. – магистр химической технологии органических веществ, лаборант химического анализа, ТОО «Научно-технологический центр воды», г. Петропавловск, Республика Казахстан.

Ли Ю.А. – специалист по технической документации, ТОО «Научно-технологический центр воды», г. Петропавловск, Республика Казахстан.

Целью исследований являлась возможность использования суспензии хлореллы штамма *Chlorella vulgaris* SKO A RKM-0870 для улучшения гидрохимических и гидробиологических показателей пресноводных водоёмов. Исследование проводилось в 2022-2023 гг. на естественном водоёме Костанайской области площадью 100 га, глубиной 2,5 – 3,0 м. Суспензия хлореллы плотностью  $\geq 25 \cdot 10^6$  клеток/мл вносилась в феврале, мае, июне из расчёта 25 л/га поверхности. В 2023 году наиболее существенные изменения показателей произошли в период с мая по октябрь. Содержание аммонийного азота снизилось на 3,3 мг/дм<sup>3</sup>. Количество растворённого кислорода увеличилось на 9,4 мг/дм<sup>3</sup>. С мая по сентябрь 2023 года наблюдалось относительное увеличение численности хлореллы в группе зелёных водорослей на 10,05%. Наличие хлореллы обусловило интенсивное размножение фильтрующего зоопланктона до 234828 экз/м<sup>3</sup> в июле, до 186670 экз/м<sup>3</sup> в августе, до 152139 экз/м<sup>3</sup> в сентябре. Максимальное количество копепод наблюдалось в августе – 124333 экз/м<sup>3</sup> (66,61% от общего количества), кладоцер – в июле – 186158 экз/м<sup>3</sup> (79,27 %), коловраток – в августе – 60402 экз/м<sup>3</sup> (39,70 %). По сравнению с 2022 годом резкое увеличение биомассы и увеличение периода активного размножения зоопланктона повышает кормовую базу пресноводных рыб-планктонофагов. Это позволяет рационально использовать пресноводные водоёмы северного региона Казахстана для интенсивного развития рыбного хозяйства.

**Ключевые слова:** суспензия хлореллы, фитопланктон, зоопланктон, растворённый кислород, реабилитация водоёма, кормовая база.

### ТҰЩЫ СУ КӨЛДЕРІНІҢ ҚОРЕКТЕНУ БАЗАСЫН АРТТЫРУ ҮШІН ХЛОРЕЛЛА СУСПЕНЗИЯСЫН ҚОЛДАНУ

Голодова И.В.\* – химия ғылымдарының кандидаты, «Судың ғылыми-технологиялық орталығы» ЖШС, зертханасының меңгерушісі, Петропавл қ., Қазақстан Республикасы.

Васильев Н.В. – жаратылыстану ғылымдарының магистрі, «Судың ғылыми-технологиялық орталығы» ЖШС, техникалық директоры, Петропавл қ., Қазақстан Республикасы.

Хайбуллина А.О. – Органикалық заттардың химиялық технологиясы магистрі, химиялық талдау зертханашысы, «Су ғылыми-технологиялық орталығы» ЖШС, Петропавл қ., Қазақстан Республикасы.

Ли Ю.А. – «Судың ғылыми-технологиялық орталығы» ЖШС, техникалық құжаттама жөніндегі маманы, Петропавл қ., Қазақстан Республикасы.

Зерттеудің мақсаты тұщы су объектілерінің гидрохимиялық және гидробиологиялық көрсеткіштерін жақсарту үшін *Chlorella Vulgaris* SKO A RKM-0870 штаммының хлорелла суспензиясын пайдалану мүмкіндігі болды. Зерттеу 2022-2023 жылдары Қостанай облысының табиғи су айдынында ауданы 100 га, тереңдігі 2,5 –

3,0 м жүргізілді. Тығыздығы  $\geq 25 \cdot 10^6$  жасуша/мл хлорелла суспензиясы ақпан, мамыр, маусым айларында 25 л/га беткі қабат мөлшерінде қолданылды. 2023 жылы көрсеткіштердегі ең елеулі өзгерістер мамыр мен қазан айлары аралығында болды. Аммоний азотының мөлшері  $3,3 \text{ мг/дм}^3$  төмендеді. Еріген оттегінің мөлшері  $9,4 \text{ мг/дм}^3$ -ке өсті. 2023 жылдың мамырынан қыркүйегіне дейін жасыл балдырлар тобындағы хлорелла санының салыстырмалы түрде  $10,05\%$ -ға өсуі байқалды. Хлорелланың болуы сүзгі зоопланктонының қарқынды көбеюіне және оның санының шілдеде  $234828 \text{ дана/м}^3$  дейін, тамызда  $186670 \text{ дана/м}^3$  дейін, қыркүйекте  $152139 \text{ дана/м}^3$  дейін өсуіне әкелді. Копеподтардың максималды саны тамызда байқалды –  $124333 \text{ дана/м}^3$  (жалпы санының  $66,61\%$ ), кладоцер – шілдеде –  $186158 \text{ дана/м}^3$  ( $79,27\%$ ), ротицер – тамызда –  $60402 \text{ дана/м}^3$  ( $39,70\%$ ). 2022 жылмен салыстырғанда биомассаның күрт өсуі және зоопланктонның белсенді көбею кезеңінің ұлғаюы тұщы су планктонофаг балықтарының қоректену базасын арттырады. Бұл балық шаруашылығын қарқынды дамыту үшін Қазақстанның солтүстік өңірінің тұщы су айдындарын ұтымды пайдалануға мүмкіндік береді.

**Түйінді сөздер:** хлорелла суспензиясы, фитопланктон, зоопланктон, еріген оттегі, су қоймасын қалпына келтіру, жем-шөп базасы.

## THE USE OF CHLORELLA SUSPENSION TO INCREASE THE FRESHWATER LAKES FODDER BASE

Golodova I.V.\* – Candidate of Chemical Sciences, Laboratory chief, Water Science and Technology Center LLP, Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan.

Vasiliyev N.V. – Master of Natural Sciences, Technical Director, Water Science and Technology Center LLP, Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan.

Khaibullina A.O. – Master of Chemical Technology of Organic Substances, Laboratory assistant for chemical testing, Water Science and Technology Center LLP, Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan.

Lee Y.A. – Technical Documentation Specialist, Water Science and Technology Center LLP, Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan.

The purpose of the research is the possibility of using a suspension of *Chlorella vulgaris* SKO A RKM-0870 strain to improve the hydrochemical and hydrobiological parameters of freshwater reservoirs. The study was conducted in 2022-2023 at the natural reservoir of the Kostanay region with an area of 100 hectares, a depth of 2.5 – 3.0 m. A suspension of chlorella with a density of  $\geq 25 \cdot 10^6$  cells/ml was applied in February, May, June at the rate of 25 l/ha of surface. In 2023, the most significant changes in indicators occurred between May and October. The content of ammonium nitrogen decreased by  $3.3 \text{ mg/dm}^3$ . The amount of dissolved oxygen increased by  $9.4 \text{ mg/dm}^3$ . From May to September 2023, there was a relative increase in the number of chlorella in the group of green algae by  $10.05\%$ . The presence of chlorella caused intensive reproduction of filter-feeding zooplankton to  $234828 \text{ specimens/m}^3$  in July, up to  $186670 \text{ specimens/m}^3$  in August, and up to  $152139 \text{ specimens/m}^3$  in September. The maximum number of copepods was observed in August –  $124333 \text{ specimens/m}^3$  ( $66.61\%$  of the total number), cladocerans – in July –  $186158 \text{ specimens/m}^3$  ( $79.27\%$ ), rotifers – in August –  $60402 \text{ specimens/m}^3$  ( $39.70\%$ ). Compared to 2022, a sharp boost in biomass and period of active reproduction of zooplankton increased the fodder base of freshwater plankton-feeding fish. This allows rational use of freshwater reservoirs in the northern region of Kazakhstan for the intensive development of fisheries.

**Key words:** chlorella suspension, phytoplankton, zooplankton, dissolved oxygen, rehabilitation of the reservoir, fodder base.

**Введение.** В настоящее время все чаще прибегают к биологическим методам очистки воды, в том числе, с помощью микроводорослей [1, с. 194]. Эти микроорганизмы обладают способностью к выживанию в неблагоприятных условиях, в присутствии тяжёлых металлов, при повышенном содержании органических веществ. Используя соединения с биогенными элементами для своего питания, они одновременно улучшают условия жизнедеятельности для других обитателей водоёма. Высокая скорость размножения и относительная неприхотливость в культивировании – дополнительные преимущества для использования культур микроводорослей при реабилитации природных водоёмов [2, с. 1].

Таким образом, микроводоросли, не являясь дорогостоящим и технологически сложным продуктом для очистки воды, оказывают серьёзное влияние на нормализацию гидрохимических и гидробиологических параметров рыбохозяйственных водоёмов [3, с. 11, 4, с. 2].

Также имеются исследования, подтверждающие антибактериальные свойства микроводоросли относительно различных патогенов рыб [5, с. 62, 6, с. 2459]. Однако, существуют некоторые ограничения, одним из которых является вариабельность бактериальной активности хлореллы в зависимости от штамма, условий выращивания и т.д. [7, с. 647]. Хлорелла обладает высокими питательными свойствами: её клетки содержат белки, аминокислоты, полиненасыщенные жирные кислоты, витамины, микроэлементы и др. Поэтому, быстровозобновляющаяся микроводоросль может использоваться не только при биоочистке водоёма, но и для непосредственной подкормки зоопланктона и рыб-планктонофагов [8, с. 4].

**Цель исследований и задачи** – изучить влияние штамма микроводоросли *Chlorella vulgaris* SKO A RKM-0870 на динамику численности зоопланктона пресноводных озёр в весенне-осенний период, а также оценить изменения гидрохимических параметров, лимитирующих использование водоёма в рыбохозяйственных целях.

**Материалы и методы исследования.** Водоём расположен в Костанайской области, имеет площадь 100 га, максимальная глубина 3,0 м, средняя глубина 2,7 м. Уровневый режим озера определяется притоком талых снеговых вод, а также осадками, выпадающими на площадь водосбора. С талыми водами и осадками происходит попадание сельскохозяйственных и хозяйственно-бытовых загрязнителей. Зоопланктон представлен, в основном, коловратками, различными видами веслоногих и ветвистоусых рачков. Аборигенная ихтиофауна представлена семейством карповых (карась).

*Chlorella vulgaris* SKO A RKM-0870 – это планктонный штамм, который выведен сотрудниками ТОО «Научно-технологический центр воды» [9, с. 1 – 4]. В исследуемый водоём суспензию *Chlorella vulgaris* SKO A RKM-0870

(далее хлорелла) плотностью  $\geq 25 \cdot 10^6$  клеток/мл вносили три раза: в феврале (под лёд), мае, июне. Норма внесения – 25 литров на 1 га площади. Пробы отбирались с трёх станций.

Для подсчёта фитопланктона использовались неконсервированные пробы объёмом 1 дм<sup>3</sup>. Концентрирование пробы проводилось центрифугированием. Коэффициент концентрирования – 5 или 10 раз. Количество клеток фитопланктона (клеток/дм<sup>3</sup>) определялось методом прямого подсчёта в 25 больших квадратах камеры Горяева [10, с. 28].

$$X = \frac{m \cdot 10^7}{n},$$

где  $m$  – суммарное количество клеток водорослей в 25 больших квадратах сетки камеры Горяева;  
 $10^7$  – коэффициент пересчёта кубических миллиметров в кубические дециметры;  
 $n$  – коэффициент концентрирования пробы.

Пробы зоопланктона отбирались с помощью сети Апштейна с мельничным газом №76 при объёме фильтруемой воды 50 дм<sup>3</sup>, без консервации и с консервацией. Консервация проводилась раствором Люголя в соотношении 2 см<sup>3</sup> на 100 см<sup>3</sup> пробы. Подсчёт количества клеток зоопланктона проводился в камере Богорова [11, с. 73-77, 12, с. 8].

С учётом коэффициента концентрирования количество зоопланктона (экз./м<sup>3</sup>) рассчитывалось по формуле.

$$Z = \frac{N \cdot 10^6 \cdot V_2}{3 \cdot V_1},$$

где  $N$  – количество зоопланктона в камере Богорова;  
 $V_1$  – объём воды, прошедший через сеть Апштейна;  
 $V_2$  – объём концентрированной пробы после сети Апштейна;  
 $10^6$  – коэффициент перевода кубических миллиметров в кубические метры;  
 $3$  – объём камеры Богорова в см<sup>3</sup>.

Пробы для гидрохимического анализа воды отбирались батометром Паталаса либо пробоотборником согласно СТ РК ГОСТ Р 51592-2003 [13, с. 66].

Ион  $NH_4^-$  определялся фотометрическим методом, с использованием реактива Несслера [14, с. 3-10]. Растворённый кислород – амперометрическим методом [15, с. 18].

**Результаты и их обсуждения.** Использование микроводорослей для улучшения гидрохимических и гидробиологических показателей водоёмов – хорошо известная практика [16, с. 4188, 17, с. 3]. Хлореллу используют для реабилитации природных водоёмов, очистки водоёмов от загрязнителей сельскохозяйственного, хозяйственно-бытового, производственного характера.

В результате трёхкратного внесения в водоём, в мае 2023 года была сформирована достаточно высокая плотность хлореллы (30,5 млн клеток/дм<sup>3</sup>). Активное потребление хлореллы зоопланктоном привело к постепенному снижению её численности до 1,02 млн клеток/дм<sup>3</sup> в августе. В сентябре её численность вновь поднялась до 3,10 млн клеток/дм<sup>3</sup>. Для остальных зелёных микроводорослей отмечено постепенное снижение численности в летне-осенний период, что привело к росту относительного содержания хлореллы. Максимальные значения отмечены в июне (13,33%) и сентябре (13,86%) (рисунок 1).

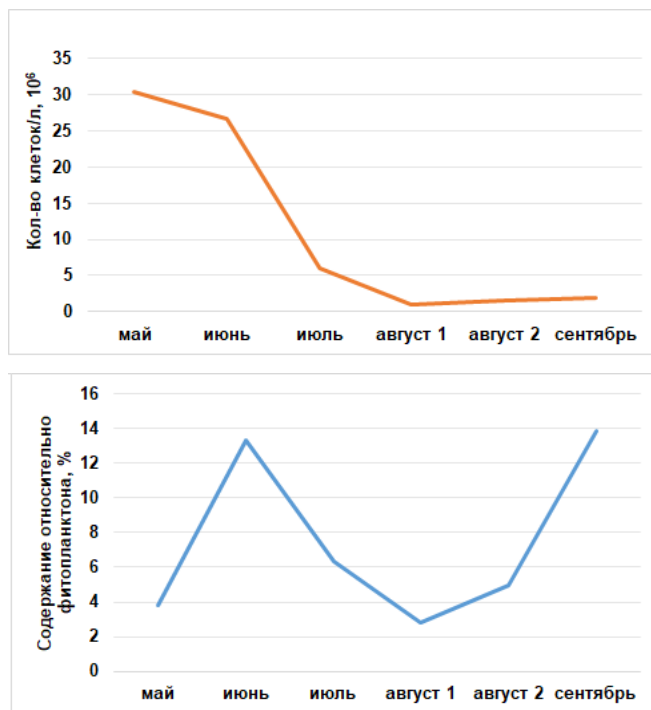


Рисунок 1 – Динамика численности хлореллы: слева – абсолютное значение, справа – относительное содержание в группе зелёных водорослей

Закрепление хлореллы в озере привело к улучшению гидрохимических показателей. Контроль проводился по изменению содержания иона аммония и растворённого в воде кислорода. Динамика содержания этих веществ (повышение содержания растворённого кислорода с одновременным снижением содержания иона аммония) позволяет говорить о формировании аэробного режима окисления органических и неорганических остатков (рисунок 2, 3).

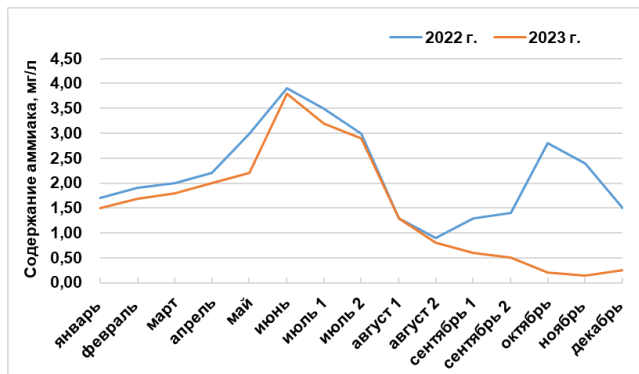


Рисунок 2 – Динамика содержания иона аммония в течение года

В первой половине 2022 и 2023 годов наблюдается одинаковая тенденция увеличения содержания иона аммония с 1,7 до 3,9 мг/дм<sup>3</sup> (2022 год) и с 1,5 до 3,8 мг/дм<sup>3</sup> (2023 год). Далее в 2022 году с понижением температуры наблюдался второй максимум (2,8 мг/дм<sup>3</sup>) в октябре. После внесения хлореллы в 2023 году происходило устойчивое понижение содержания иона аммония с июня до ноября.

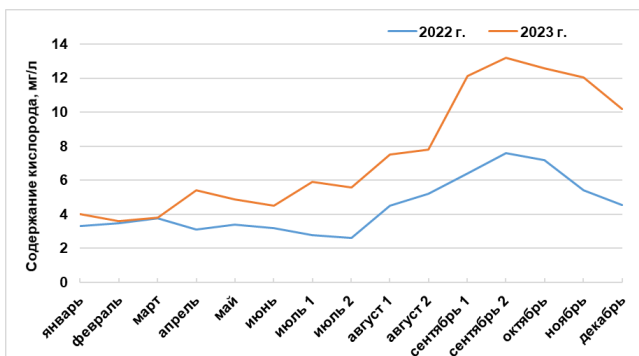


Рисунок 3 – Динамика содержания растворённого в воде кислорода в течение года

В 2022 году с января по август содержание растворённого кислорода составляло от 2 до 4 мг/дм<sup>3</sup>. Максимальное содержание наблюдалось в сентябре (7,6 мг/дм<sup>3</sup>), которое к декабрю снижалось до 4,56 мг/дм<sup>3</sup>. В 2023 году содержание растворённого кислорода скачкообразно увеличилось с марта по сентябрь, далее снижалось до декабря. Наблюдалось превышение прошлогодних значений в 1,2-2,4 раза в течение всего периода.

Небольшой пик в апреле (5,4 мг/дм<sup>3</sup>) обусловлен возобновлением газообмена между атмосферой и водной поверхностью после таяния льда и снега. С июня по август происходило постепенное увеличение содержания растворённого кислорода с 4,5 мг/дм<sup>3</sup> до 7,8 мг/дм<sup>3</sup>. Далее интенсивность накопления растворённого кислорода увеличивалась и достигала максимального значения в сентябре – 13,2 мг/дм<sup>3</sup>. Надо отметить, что положительная тенденция по содержанию растворённого кислорода сохранилась и в период его максимального потребления макро- и микроорганизмами водоёма (июнь-сентябрь). Окисление загрязнителей в аэробных условиях происходило до неорганических соединений, которые в последующем использовались как минеральное питание для фито- и зоопланктона.

Анализ динамики численности зоопланктона проводился по трём наиболее многочисленным таксономическим группам: коловратки (Rotifera), ветвистоусые (Cladocera) и веслоногие ракообразные (Copepoda). На рисунке 4 представлен график изменения абсолютного количества зоопланктона в 2022 и 2023 годах.

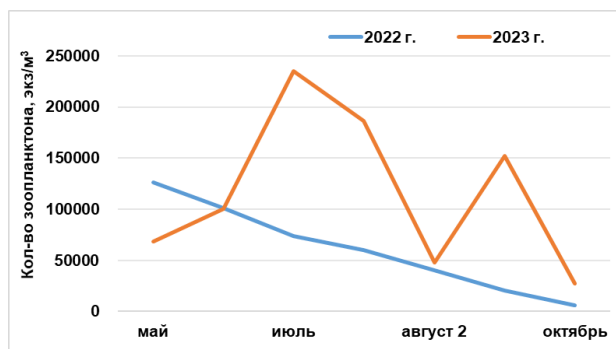


Рисунок 4 – Изменения общей численности зоопланктона

По сравнению с 2022 годом, после внесения хлореллы увеличилась продолжительность периода активного роста и размножения зоопланктона. До внесения хлореллы наблюдался один ярко выраженный максимум численности зоопланктона в мае (126664 экз/м<sup>3</sup>) с постепенным снижением до октября (6005 экз/м<sup>3</sup>). После внесения хлореллы абсолютное количество зоопланктона в мае было меньше (67449 экз/м<sup>3</sup>), но далее наблюдается два максимума – в июле (228828 экз/м<sup>3</sup>) и сентябре (145938 экз/м<sup>3</sup>). Общая численность зоопланктона за исследуемый период 2023 года увеличилась с 428284 экз/м<sup>3</sup> до 816969 экз/м<sup>3</sup> или в 1,91 раза. Динамика численности таксономических групп зоопланктона до и после внесения хлореллы представлена на рисунке 5.

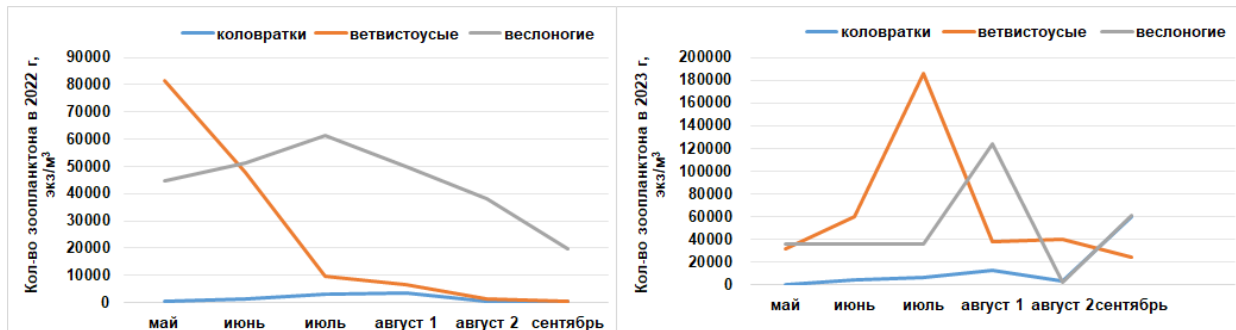


Рисунок 5 – Динамика численности отдельных групп зоопланктона

На рисунке 5 хорошо заметно, что введение хлореллы привело к изменению вида кривых численности для всех рассматриваемых групп зоопланктона. Вместо плавных изменений численности (2022 год), в 2023 году наблюдались последовательно сменяющиеся максимумы численности таксономических групп. В структуре сообщества планктона в 2022 году преобладали веслоногие (63,15%), а в 2023 – ветвистоусые (48,55%) и веслоногие (39,83%).

При сравнении численности таксономических групп зоопланктона выявлены следующие изменения до и после внесения хлореллы (рисунок 6).

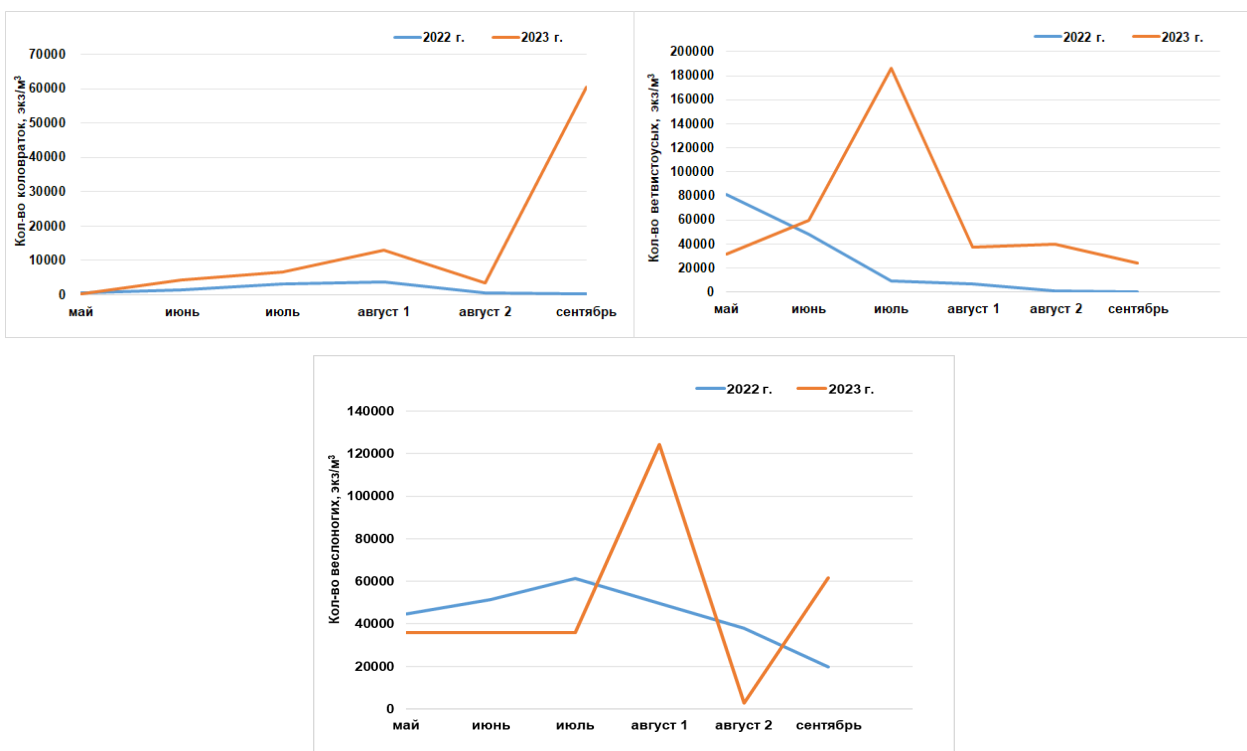


Рисунок 6 – Динамика численности отдельных групп зоопланктона

Коловратки. В 2022 и 2023 годах имели меньшую численность по сравнению с другими таксонами, динамика численности практически совпадает с мая до августа. В 2022 году максимум был в августе (3654 экз/м<sup>3</sup>), в 2023 году максимум сместился на сентябрь (60402 экз/м<sup>3</sup>), что возможно связано с уменьшением осенью молоди рыб, питающейся зоопланктоном.

Ветвистоусые. Тенденции изменения численности в период с мая по июль противоположные: 2022 год – в мае наблюдалась максимальная численность (81524 экз/м<sup>3</sup>), которая снизилась к июлю 9610 экз/м<sup>3</sup>.

В 2023 году минимальное количество наблюдалось в мае (31302 экз/м<sup>3</sup>), которое к июлю увеличилось до 186158 экз/м<sup>3</sup>. С августа по октябрь характер изменений вновь совпадал.

Веслоногие. В 2022 году максимальное количество наблюдалось в июле (61250 экз/м<sup>3</sup>), далее происходило незначительное снижение численности ракообразных. В 2023 году в период с июля до декабря наблюдалось два максимума: в августе (124333 экз/м<sup>3</sup>) и сентябре (61535 экз/м<sup>3</sup>).

Качественный состав зоопланктона сравнивался в начале, середине и конце весенне-осеннего периода (май, июль, сентябрь) до и после внесения хлореллы (рисунки 7-9).

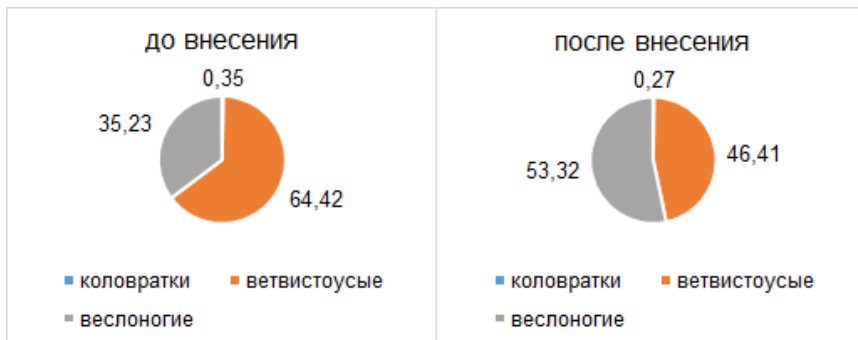


Рисунок 7 – Качественный состав зоопланктона в мае (2022 и 2023 гг.)

В мае (рисунок 7) выявлены наименьшие различия в качественном составе зоопланктона. Коловраток в обоих случаях менее 1%, однако в 2022 году, до внесения хлореллы доминируют ветвистоусые – 81594 экз/м<sup>3</sup> (64,42%), в 2023 году, после внесения – веслоногие – 35964 экз/м<sup>3</sup> (53,32%).

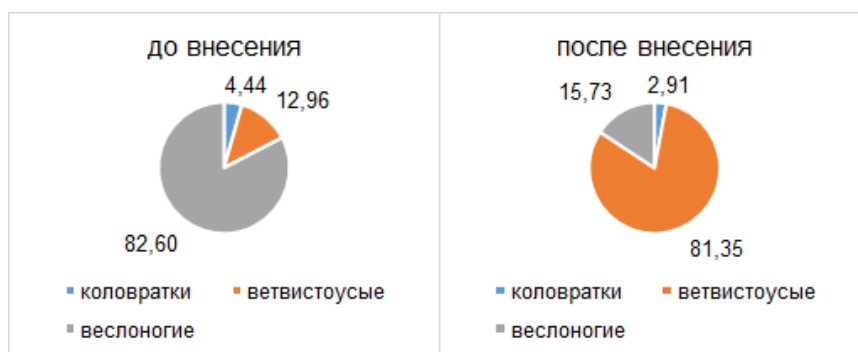


Рисунок 8 – Качественный состав зоопланктона в июле (2022 и 2023 гг.)

В июле коловратки также являются самой малочисленной группой, но в обоих случаях произошла смена доминирующего вида. В 2022 году доминируют веслоногие – 61250 экз/м<sup>3</sup> (82,60%), а в 2023 году – ветвистоусые – 186158 экз/м<sup>3</sup> (81,35%).

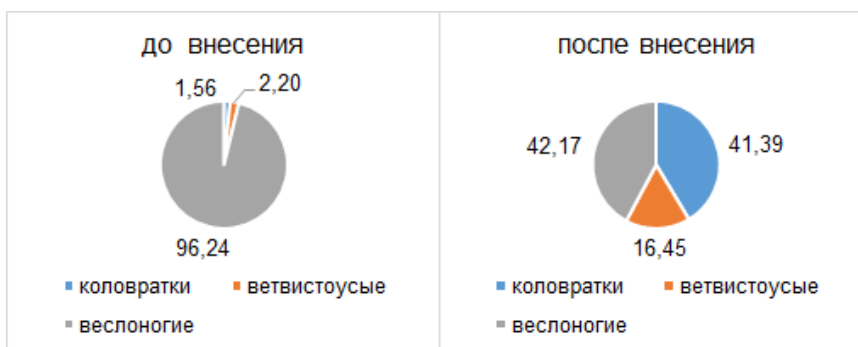


Рисунок 9 – Качественный и количественный состав зоопланктона в сентябре (2022 и 2023 гг.)

В сентябре 2022 и 2023 годов различается численность всех таксономических групп. До внесения хлореллы коловраток и ветвистоусых очень мало, веслоногих – подавляющее большинство – 19700 экз/м<sup>3</sup> (96,24%); после внесения представлены все группы: коловратки – 60402 экз/м<sup>3</sup> (41,39 % –максимальный показатель для них за 2023 год), ветвистоусые – 24001 экз/м<sup>3</sup> (16,45%), веслоногие – 61535 экз/м<sup>3</sup> (42,17%).

Описанные изменения возникли в результате реализации сложных взаимосвязей в сообществе «фитопланктон-зоопланктон-рыбы-планктонофаги» в новых условиях и привели к резкому увеличению общей численности кормового зоопланктона. Стабильная численность хлореллы в июле-сентябре сохранялась за счет компенсационного роста.

**Заключение.** Введение хлореллы в водоём привело к улучшению гидрохимических показателей, существенных для рыбохозяйственных водоёмов (содержание растворённого кислорода, иона аммония). Одновременно, хлорелла являлась полноценным кормом для всех рассматриваемых таксономических групп зоопланктона. После введения хлореллы период размножения и роста зоопланктона продлился до сентября, возросли его

численность и разнообразие в летне-осенний период. Так как все рассматриваемые таксономические группы зоопланктона (Rotifera, Cladocera, Copepoda) являются кормом для молоди рыб и рыб-планктонофагов, то введение микроводоросли *Chlorella vulgaris* SKO A RKM-0870 приводит к повышению кормовой базы пресноводных водоемов в 1,91 раза.

## ЛИТЕРАТУРА:

1. Kumar A., Singh J.S. **Microalgae in Waste Water Remediation: 1st Edition** [Text] / A. Kumar, J.S. & Singh. – CRC Press. – 2021. – 252 p.
2. Ahmad M.T., Shariff M., Md. Yusoff F., Goh Y.M. and Banerjee, S. **Applications of microalga *Chlorella vulgaris* in aquaculture** [Text] / M.T. Ahmad, M. Shariff, F. Md Yusoff, Y.M. Goh, S. Banerjee // *Reviews in Aquaculture*. – 2020. – Vol.12. – P. 328-346.
3. **Об утверждении единой системы классификации качества воды в водных объектах** [Электронный ресурс]: Приказ Председателя Комитета по водным ресурсам Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан от 9 ноября 2016 года № 151. Доступ из информационно-правовой системы нормативных правовых актов Республики Казахстан «Әділет». URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1600014513>.
4. Amaral E.T., Bender L.B.C., Rizzetti T.M., Schneider R.C.S. **Removal of organic contaminants in water bodies or wastewater by microalgae of the genus *Chlorella*: a review** [Text] / E.T. Amaral, L.B.C. Bender, T.M. Rizzetti, R.C.S. Schneider // *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*. – 2023. – Vol. 8. – 100476.
5. Little S.M., Senhorinho G.N., Basiliko N., Scott J.A. **Antibacterial compounds in green microalgae from extreme environments: a review** [Text] / S.M. Little, G.N. Senhorinho, N. Basiliko, J.A. Scott // *Algae*. – 2021. – Vol. 36. – P. 61-72.
6. Hussein H.J., Naji S.S., Al-Khafaji N.M.S. **Antibacterial properties of the *Chlorella vulgaris* isolated from polluted water in Iraq** [Text] / H.J. Hussein, S.S. Naji, N.M.S. Al-Khafaji // *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. – 2018. – Vol. 10. – P. 2457-2460.
7. Cavallo R.A., Acquaviva M.I., Stabili L., Cecere E., Petrocelli A., Narracci M. **Antibacterial activity of marine macroalgae against fish pathogenic *Vibrio* species** [Text] / R.A. Cavallo, M.I. Acquaviva, L. Stabili, E. Cecere, A. Petrocelli, M. Narracci // *Central European Journal of Biology*. – 2013. – Vol. 7. – P. 646-653.
8. Nagarajan D., Varjani S., Lee D.J., Chang J.S. **Sustainable aquaculture and animal feed from microalgae-nutritive value and techno-functional components** [Text] / D. Nagarajan, S. Varjani, D.J. Lee, J.S. Chang // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2021. – Vol. 150. – 111549.
9. **Планктонный штамм одноклеточной зелёной водоросли *Chlorella vulgaris* SKO специализированный для получения биомассы** [Текст]: пат. 35004 Казахстан: МПК C12N 1/12 (2006.01), C02F 3/32 (2006.01), C12R 1/89 (2006.01) / Васильев Н.В., Голодова И.В., Солдатова В.А., Рейбандт А.И.; заявитель и патентообладатель ТОО «Научно-технологический центр воды». – №2020/0148.1; заявл. 02.03.2020; опубл. 16.04.2021, Бюл. №15. – 4 с.
10. **Вода. Определение токсичности с использованием зеленых пресноводных одноклеточных водорослей** [Текст]: ГОСТ Р 54496-2011. – Введ. 2013-01-01. – М.: Стандартинформ, 2012. – IV, 53 с.
11. Плотников, Г.К. **Сборник классических методов гидробиологических исследований для использования в аквакультуре** [Текст] / Г.К. Плотников, Т.Ю. Пескова, А. Шкуте, М.Пупиньш. – Академическое издательство Даугавпилсского университета «Сауле», 2017. – 282 с.
12. Салазкин, А.А. **Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоёмах. Зоопланктон и его продукция** [Текст] / А.А. Салазкин, М.Б. Иванова, В.А. Огородникова. – Ленинград: ГосНИОРХ, 1982 – 33 с.
13. **Вода. Общие требования к отбору проб** [Текст]: СТ РК ГОСТ Р 51592-2003. – Введ. 2005-01-01. – Астана: Комитет по тех. регул. и метрологии Мин.индустрии и торговли РК, 2003. – IV, 42 с.
14. **Вода. Методы определения азотсодержащих веществ** [Текст]: ГОСТ 33045-2014. – Введ. 2016-01-01. – М.: Стандартинформ, 2019. – IV, 20 с.
15. **Биохимическое потребление кислорода в водах. Методика измерений титриметрическим и амперометрическим методами** [Текст]: РД 52.24.420-2019. – Введ. 2020-11-01. – Ростов-на-Дону: Росгидромет, 2020. – IV, 28 с.
16. Valderrama L.T., Del Campo C.M., Rodriguez C.M., Bashan L.E., Bashan Y. **Treatment of recalcitrant wastewater from ethanol and citric acid production using the microalga *Chlorella vulgaris* and the macrophyte *Lemna miniscula*** [Text] / L.T. Valderrama, C.M. Del Campo, C.M. Rodriguez, L.E. Bashan, Y. Bashan // *Water Research*. – 2002. – Vol. 36. – P.4185-4192.
17. Li H., Zhang Yu., Liu J., Shen Z., Li An, Ma T., Feng Q., Sun Y. **Treatment of high-nitrate wastewater mixtures from MnO<sub>2</sub> industry by *Chlorella vulgaris*** [Text] / H. Li, Yu. Zhang, J. Liu, An Li, T.Ma, Q. Feng, Y.Sun // *Bioresource Technology*. – 2019. – Vol. 291. – 121836.

## REFERENCES:

1. Kumar A., Singh J.S. **Microalgae in Waste Water Remediation: 1st Edition**. CRC Press, 2021, 252 p.
2. Ahmad M.T., Shariff M., Md. Yusoff F., Goh Y.M. and Banerjee, S. **Applications of microalga *Chlorella vulgaris* in aquaculture**. *Reviews in Aquaculture*, 2020, vol.12, pp. 328-346.
3. **Ob utverzhdenii edinoj sistemy' klassifikacii kachestva vody' v vodny'h ob'ektah** [On approval of the unified classification system for water quality in water bodies], available at: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1600014513> (11.03.2024) (In Russian).
4. Amaral E.T., Bender L.B.C., Rizzetti T.M., Schneider R.C.S. **Removal of organic contaminants in water bodies or wastewater by microalgae of the genus *Chlorella*: a review**. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 2023, vol.8, 100476 p.



5. Little S.M., Senhorinho G.N., Basiliko N., Scott J.A. Antibacterial compounds in green microalgae from extreme environments: a review. *Algae*, 2021, vol.36, pp. 61-72.
6. Hussein H.J., Naji S.S., Al-Khafaji N.M.S. Antibacterial properties of the *Chlorella vulgaris* isolated from polluted water in Iraq. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2018, vol.10, pp. 2457-2460.
7. Cavallo R.A., Acquaviva M.I., Stabili L., Cecere E., Petrocelli A., Narracci M. Antibacterial activity of marine macroalgae against fish pathogenic *Vibrio* species. *Central European Journal of Biology*, 2013, vol.7, pp. 646-653.
8. Nagarajan D., Varjani S., Lee D.J., Chang J.S. Sustainable aquaculture and animal feed from microalgae-nutritive value and techno-functional components. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2021, vol. 150, 111549 p.
9. Planktonnyj shtamm odnokletochnoj zelyonoj vodorosli *Chlorella vulgaris* SKO specializirovannyj dlya polucheniya biomassy' [A planktonic strain of the unicellular green algae *Chlorella vulgaris* SKO specialized for the production of biomass]. Patent KZ no. 35004, p 4. (In Russian).
10. Voda. Opredelenie toksichnosti s ispol'zovaniem zeleny'h presnovodny'h odnokletochny'h vodoroslej [Water. Toxicity determination using green freshwater unicellular algae]. GOST R 54496, 2011, date of implementation: 2013-01-01. Moscow, Standartinform, 2012, IV, 53 p. (In Russian)
11. Plotnikov G.K. Sbornik klassicheskikh metodov gidrobiologicheskikh issledovanij dlya ispol'zovaniya v akvakul'ture [Collection of classical methods of hydrobiological research for use in aquaculture]. Akademicheskoe izdatel'stvo Daugavpilsskogo universiteta Saule, 2017, 282 p. (In Russian).
12. Salazkin A.A. Metodicheskie rekomendacii po sboru i obrabotke materialov pri gidrobiologicheskikh issledovaniyah na presnovodny'h vodoyomah. Zooplankton i ego produkcija [Methodological recommendations for the collection and processing of materials in hydrobiological studies in freshwater reservoirs. Zooplankton and its products]. Leningrad: Gosudarstvennyj nauchno issledovatel'skij institut ozernogo i rechnogo rybnogo hoz'jazstva, 1982, 33 p. (In Russian)
13. Voda. Obshhie trebovaniya k otboru prob [Water. General requirements for sampling]. ST RK GOST R 51592, 2003, date of implementation: 2005-01-01. Astana, Komitet po tehničeskomu regulirovaniuu i metrologii Ministerstva industrii i torgovli RK, 2003, IV, 20 p. (In Russian)
14. Voda. Metody' opredeleniya azotsoderzhashih veshhestv [Water. Methods for the determination of nitrogen-containing substances]. GOST 33045, 2014, date of implementation: 2016-01-01. Moscow, Standartinform, 2019, IV, 20 p. (In Russian)
15. Biohimicheskoe potreblenie kisloroda v vodah. Metodika izmerenij titrimetricheskimi i amperometricheskimi metodami [Biochemical oxygen consumption in waters. Measurement methods using titrimetric and amperometric methods]. RD 52.24.420, 2019, date of implementation: 2020-11-01. Rostov-na-Donu, Rosgidromet, 2020, IV, 28 p. (In Russian)
16. Valderrama L.T., Del Campo C.M., Rodriguez C.M., Bashan L.E., Bashan Y. Treatment of recalcitrant wastewater from ethanol and citric acid production using the microalga *Chlorella vulgaris* and the macrophyte *Lemna miniscula*. *Water Research*, 2002, vol.291, 121836 p.
17. Li H., Zhang Yu., Liu J. et al. Treatment of high-nitrate wastewater mixtures from MnO<sub>2</sub> industry by *Chlorella vulgaris*. *Bioresource Technology*, 2019, vol. 291, 121836 p.

#### Сведения об авторах:

Голодова Ирина Викторовна\* – кандидат химических наук, зав. лабораторией, ТОО «Научно-технологический центр воды», Республика Казахстан, 150000, г. Петропавловск, ул. Интернациональная 26, тел.: +7-775-333-27-80, e-mail: igolodova@inbox.ru.

Васильев Николай Викторович – магистр естественных наук, технический директор, ТОО «Научно-технологический центр воды», Республика Казахстан, 150000, Казахстан, г. Петропавловск, ул. Интернациональная 26, тел.: +7-777-553-21-62, e-mail: hu1961@mail.ru.

Хайбуллина Анна Олеговна – магистр химической технологии органических веществ, лаборант химического анализа, ТОО «Научно-технологический центр воды», Республика Казахстан, 150000, г. Петропавловск, ул. Интернациональная 26, тел.: +7-778-639-12-17, e-mail: ann\_95u@mail.ru.

Ли Юлия Александровна – специалист по технической документации, ТОО «Научно-технологический центр воды», Республика Казахстан, 150000, Казахстан, г. Петропавловск, ул. Интернациональная 26, тел.: +7-777-978-05-25, e-mail: yulia\_kolmakova@mail.ru.

Голодова Ирина Викторовна\* – химия ғылымдарының кандидаты, зертханасының меңгерушісі, «Судың ғылыми-технологиялық орталығы» ЖШС, Қазақстан Республикасы, 150000, Петропавл қ., Интернационал көш, 26, тел.: +7-775-333-27-80, e-mail: igolodova@inbox.ru.

Васильев Николай Викторович – жаратылыстану ғылымдарының магистрі, «Судың ғылыми-технологиялық орталығы» ЖШС техникалық директоры, Қазақстан Республикасы, 150000, Петропавл қ., Интернационал көш, 26, тел.: +7-777-553-21-62, e-mail: hu1961@mail.ru.

Хайбуллина Анна Олеговна – органикалық заттардың химиялық технологиясы магистрі, химиялық талдау зертханашысы, «Су ғылыми-технологиялық орталығы» ЖШС, Қазақстан Республикасы, 150000, Петропавл қ., Интернационал көш, 26, тел.: +7-778-639-12-17, e-mail: ann\_95u@mail.ru.

Ли Юлия Александровна – техникалық құжаттама жөніндегі маманы, «Судың ғылыми-технологиялық орталығы» ЖШС, Қазақстан Республикасы, 150000, Петропавл қ., Интернационал көш, 26, тел.: +7-777-978-05-25, e-mail: yulia\_kolmakova@mail.ru.

Golodova Irina Viktorovna\* – Candidate of Chemical Sciences, Laboratory chief, Water Science and Technology Center LLP, Republic of Kazakhstan, 150000, Petropavlovsk, 26 Internatsionalnaya Str., tel.: +7-775-333-27-80, e-mail: igolodova@inbox.ru.



Vasiliyev Nikolay Viktorovich – Master of Natural Sciences, Technical Director, Water Science and Technology Center LLP, Republic of Kazakhstan, 150000, Petropavlovsk, 26 Internatsionalnaya Str., tel.: +7-777-553-21-62, e-mail: hu1961@mail.ru.

Khaibullina Anna Olegovna – Master of Chemical Technology of Organic Substances, Laboratory assistant for chemical testing, Water Science and Technology Center LLP, Republic of Kazakhstan, 150000, Petropavlovsk, 26 Internatsionalnaya Str., tel.: +7-778-639-12-17, e-mail: ann\_95u@mail.ru.

Lee Yuliya Aleksandrovna – Technical Documentation Specialist, Water Science and Technology Center LLP, Republic of Kazakhstan, 150000, Petropavlovsk, 26 Internatsionalnaya Str., tel.: +7-777-978-05-25, e-mail: yulia\_kolmakova@mail.ru.

XFTAP 68.05.45

ӨОЖ 631.461

[https://doi.org/10.52269/22266070\\_2024\\_4\\_89](https://doi.org/10.52269/22266070_2024_4_89)

### МИНИМАЛДЫ ЖӘНЕ НӨЛДІК ТЕХНОЛОГИЯМЕН ӨНДЕЛГЕН ТОПЫРАҚТЫҢ БАКТЕРИЯЛЫҚ ӘРТҮРЛІЛІГІН ТАЛДАУ

Елеуов Б.М.\* – а.ш.ғ.м., 6D080100 – Агрономия білім беру бағдарламасы бойынша докторантураның білім алушысы, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қостанай қ., Қазақстан Республикасы.

Еріш Н.А. – т.ғ.м., 6D080100 – Агрономия білім беру бағдарламасы бойынша докторантураның білім алушысы, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қостанай қ., Қазақстан Республикасы.

Калимов Н.Е. – а.ш.ғ.к., Агрономия кафедрасы қауымдастырылған профессорының м.а., «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қостанай қ., Қазақстан Республикасы.

Мухтаров Н.С. – а.ш.ғ.м., «Агроинновация» ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС директоры, Қостанай қ., Қазақстан Республикасы.

Ауыспалы егісте топырақты өңдеудің екі жүйесі зерттелді:

1. Минималды технология. Жаздың бірінші жартысында сүр жерді глифосаттың жалпы өлтіретін гербицидін және екіншісінде механикалық өңдеуді қолдану. Ауыспалы егістің астық алқаптарында аралас құралдарды қолдану, күзгі өңдеу алынып тасталды.

2. Нөлдік технология. Механикалық өңдеу толығымен алынып тасталды. Тек анкерлік ашқыштармен жабдықталған сабан отырғызғыштармен тікелей себу жүргізіледі. Сүр жердегі арамшөптермен күресу тек глифосаттың жалпы гербицидін қолдану арқылы жүзеге асырылады.

Ауыспалы егістің барлық танаптарында алқаптарында жұмсақ бида, себілді – сорты Омская 18, себу нормасы – 1 гектарға 3,5 миллион өңгіш тұқым.

Мақсаты: топырақ бактериобомасының құрамы мен құрылымын анықтау және минималды және нөлдік өңдеу технологияларын салыстыру үшін метагеномдық ДНҚ үлгісімен күшейтілген 16s рРНҚ гендік фрагменттерінің әртүрлілігін салыстырмалы талдау және бидай өнімділігі мен сапасымен салыстыру.

Тапсырма: әрбір үлгі үшін үлгілердің бактериобомаларының биоәртүрлілігін дұрыс салыстыру мүмкіндігін анықтау үшін анықталатын ОТБ (операциялық таксономиялық бірлік) санының тізбектердің жалпы санына тәуелділігін талдау жүргізу.

Әр түрлі өңдеу әдістеріндегі топырақ үлгілерінің бактериобомасының құрамы мен құрылымын бағалау бактериобоманың негізгі компоненттерін және олардың оған қосқан үлесін анықтады.

**Түйінді сөздер:** минималды технология, нөлдік технология, метаген, 16s рРНҚ гендері, операциялық таксономиялық бірлік (ОТБ), өнімділік.

### АНАЛИЗ БАКТЕРИАЛЬНОГО РАЗНООБРАЗИЯ ПОЧВ, ОБРАБОТАННЫХ МИНИМАЛЬНОЙ И НУЛЕВОЙ ТЕХНОЛОГИЯМИ

Елеуов Б.М.\* – м.с.-х.н., обучающийся по образовательной программе докторантуры 6D080100 – Агрономия, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай, Республика Казахстан.

Еріш Н.А. – м.т.н., обучающийся по образовательной программе докторантуры 6D080100 – Агрономия, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай, Республика Казахстан.

Калимов Н.Е. – к.с.-х.н., и.о. ассоциированного профессора кафедры агрономия, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай, Республика Казахстан.

Мухтаров Н.С. – м.с.-х.н., директор ТОО «Научно-производственный центр Агроинновация», г. Костанай, Республика Казахстан.

В севообороте изучались две системы обработки почвы:

1. Минимальная технология. Применение гербицида общеистребительного действия Глифосат в паровом поле в первой половине лета и механических обработок – во второй. Применение комбинированных орудий в зерновых полях севооборота, осенние обработки исключены.

2. Нулевая технология. Механические обработки полностью исключены. Проводится лишь прямой посев стерневыми сеялками, оборудованными анкерными сошниками. Борьба с сорняками в паровом поле осуществляется только с использованием гербицида общеистребительного действия Глифосат.