



ҚР БҒМ ҒЫЛЫМ КОМИТЕТІНІҢ «МИКРООРГАНИЗМДЕРДІҢ  
РЕСПУБЛИКАЛЫҚ КОЛЛЕКЦИЯСЫ» РМК

«Л.Н. ГУМИЛЕВ АТЫНДАҒЫ ЕУРАЗИЯ ҰЛТТЫҚ  
УНИВЕРСИТЕТІ» ҚеАҚ

Қазақстан Республикасы Тәуелсіздігінің 30 жылдығына арналған  
«Микробиология, биотехнология және биоалуантүрліліктің өзекті  
мәселелері» атты Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясының  
МАТЕРИАЛДАРЫ

### МАТЕРИАЛЫ

Международной научно-практической конференции  
«Актуальные проблемы микробиологии, биотехнологии и  
биоразнообразия», посвященной 30-летию Независимости Республики  
Казахстан

### MATERIALS

of the International Scientific and Practical Conference "Actual Problems of  
Microbiology, Biotechnology and Biodiversity", dedicated to the 30th  
anniversary of the Independence of the Republic of Kazakhstan



Нұр-Сұлтан  
2021

Қазақстан Республикасының Білім және ғылым министрлігі

Ғылым Комитеті «Микроорганизмдердің Республикалық Коллекциясы» РМК  
«Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университеті» ҚеАҚ

РГП «Республиканская коллекция микроорганизмов»  
Комитет науки Министерства образования и науки Республики Казахстан  
НАО «Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева»

Committee of Science of the Ministry of Education and Science of the Republic of  
Kazakhstan RSE «Republican collection of microorganisms»  
The NJSC “The L.N. Gumilyov Eurasian National University”

**Қазақстан Республикасы Тәуелсіздігінің 30 жылдығына арналған  
«Микробиология, биотехнология және биоалуантүрліліктің өзекті  
мәселелері» атты Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясының  
МАТЕРИАЛДАРЫ**

### **МАТЕРИАЛЫ**

**Международной научно-практической конференции  
«Актуальные проблемы микробиологии, биотехнологии и  
биоразнообразия», посвященной 30-летию Независимости Республики  
Казахстан**

### **MATERIALS**

**of the International Scientific and Practical Conference "Actual Problems of  
Microbiology, Biotechnology and Biodiversity", dedicated to the 30th  
anniversary of the Independence of the Republic of Kazakhstan**

**Нұр-Сұлтан – Нур-Султан – Nur-Sultan**

**2021**

**УДК 60**  
**ББК 30.16**

**ISBN 978-601-337-587-8**

**Ұйымдастырушы комитеті:**

Абитаева Г. К. Шапекова Н.Л., Сармурзина З.С.  
Темирханов А.Ж., Текебаева Ж.Б., Бисенова Г.Н., Сулеймен Е.М.,  
Тыныбаева И.К., Шайхин С.М., Исакова А.Н.,

**Қ 18**

**Қазақстан Республикасы Тәуелсіздігінің 30 жылдығына арналған «Микробиология, биотехнология және биоалуантүрліліктің өзекті мәселелері» атты халықаралық ғылыми-практикалық конференция. - 2021 ж. 17 қыркүйек. - Нұр-Сұлтан қ.: 192 - б.**

Жинаққа Қазақстан Республикасы Тәуелсіздігінің 30 жылдығына арналған «Микробиология, биотехнология және биоалуантүрліліктің өзекті мәселелері» атты халықаралық ғылыми-практикалық конференцияға қатысқан зерттеушілердің, университет оқытушыларының, студенттердің, магистранттардың, докторанттардың ғылыми мақалаларының тезистері келесі ғылыми бағыттар бойынша енгізілген: биоалуантүрлілікті сақтау - микроорганизмдер, өсімдіктер мен жануарлар; микробтық және "жасыл" технологиялар; молекулалық биология, гендік инженерия және микроорганизмдердің геномикасы; антибиотиктер, биофармацевтика және фармакология; ауыл шаруашылығы, тағам өнеркәсібі және медицинадағы биотехнология; биологиялық ғылымдар саласындағы жоғары оқу орындарының білім беру қызметі; биоинформатика және биостатистика.

**Организационный комитет:**

Абитаева Г.К., Шапекова Н.Л., Сармурзина З.С.  
Темирханов А.Ж., Текебаева Ж.Б., Бисенова Г.Н., Сулеймен Е.М.,  
Тыныбаева И.К., Шайхин С.М., Исакова А.Н.

**Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы микробиологии, биотехнологии и биоразнообразия», посвященная 30-летию Независимости Республики Казахстан. - 17 сентября 2021 г. - г. Нур-Султан: 192 -стр.**

В сборник вошли тезисы научных статей научных работников, преподавателей ВУЗов, студентов, магистрантов, докторантов, участвовавших в Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы микробиологии, биотехнологии и биоразнообразия», посвященной 30-летию Независимости Республики Казахстан по следующим научным направлениям: сохранение биоразнообразия - микроорганизмы, растения и животные; микробные и «зеленые» технологии; молекулярная биология, геномная инженерия и геномика микроорганизмов; антибиотики, биофармацевтика и фармакология; биотехнология в сельском хозяйстве, пищевой промышленности и медицине; образовательная деятельность в высших учебных заведениях области биологических наук; биоинформатика и биостатистика.

**УДК 60**  
**ББК 30.16**

**ISBN 978-601-337-587-8**

**©Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, 2021**

**М.Ж. Сатканов<sup>1</sup>, М.С. Кулатаева<sup>1</sup>, А.А. Камбарбекова<sup>1</sup>, К.М. Аубакирова<sup>1</sup>, З.А. Аликулов<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Нур-Султан, Казахстан*

### **Качество воды, рН и баланс питательных веществ в аквапонных устройствах**

**Аннотация.** В настоящее время становится актуальной разработка интегрированных и перспективных технологий фермерских хозяйств, практически не оказывающих воздействия на окружающую среду и исключающих климатические риски, сокращающие энергозатраты за счет сокращения сроков выращивания, восстанавливающие генофонд и способствующие увеличению рыбных запасов. При использовании рыбноводных модульных систем замкнутого типа возможно до минимума сократить потребление чистой воды, что особенно актуально в условиях дефицита водных ресурсов. Возникает необходимость максимального использования площадей модульных систем и выращивания на отработанной воде дополнительной экологически чистой продукции. Решение этой проблемы можно найти в предлагаемой нами в проекте методе активации *in vivo* молибденсодержащим кормом КО и АО печени и мышц рыб, который позволяет получить качественную рыбную продукцию аквакультуры, где рыбы выращиваются в контролируемых условиях.

**Ключевые слова:** аквапоника, молибден, гидробиология, аквабиокультура, молибдоферменты.

Аквапоника предполагает совмещенное выращивание растений и различного вида пресноводных рыб в среде, обусловленной симбиозом. Технология построена на создании естественного кругооборота полезных веществ: вещества, полученные в результате процессов жизнедеятельности рыб, поглощаются растениями, одновременно очищая среду и способствуя их росту. Нитратредуктаза (НР) водных растений и бактерии превращая нитрат воды в азотистые соединения, т.е. использует его в качестве источника азота. В итоге – практически не требующий затрат процесс комплексного выращивания растений и рыб [1].

Исключительная особенность данной установки заключается в фактической безотходности производства, когда продукты обмена одного биологического кластера используются на последующих этапах биотехнологии до их полной утилизации внутри замкнутой системы, что обеспечивает её высокую экологическую безопасность. Наконец, эта технология позволяет резко ускорить рост растений и увеличить их урожайность, так как физиологические процессы (с участием молибдоферментов) протекают в данном случае намного быстрее [2].

Аквапоника позволяет существенно экономить водные ресурсы, особенно - в системах с максимальной рециркуляцией воды; существенно сокращает и сводит к нулю сброс сточных вод. Возможность повторной переработки до 90% использованной воды [3].

Азотный цикл является центральным фактором биопродуктивности в естественных и искусственных экосистемах. Аммиак является основным компонентом экскрементов пресноводных телеостов [4,5,6], хотя недавние исследования также выявили значительную долю мочевины в экскрементах рыб [7]. Тем не менее, мочевина быстро превращается в аммиак благодаря обильной уреазной активности. Аммиак окисляется в двухступенчатой реакции нитрифицирующими бактериями с образованием нитрата. Этот процесс называется нитрификацией. Нитрификация является важнейшим процессом в аквакультуре, поскольку она снижает уровень аммония, который является основной причиной токсичности для выращиваемой рыбы. Эффективность нитрификации выше в щелочном растворе, рН 7,5-8,0, что является причиной относительно высокого рН в большинстве объектов аквакультуры. В нашем эксперименте мы снизили рН до 6,2, чтобы повысить растворимость минералов. Система аквапоники основана на поглощении растениями в качестве основного механизма контроля питательных веществ в сточных водах рыб. Поскольку поглощение аммония растениями происходит значительно быстрее, чем поглощение нитрата, уровень аммония в течение отчетного периода не достиг порога токсичности. Кроме того, токсичный уровень свободного аммиака был снижен при более низком рН, поскольку равновесие между  $\text{NH}_4^+$  и  $\text{NH}_3$  благоприятствует  $\text{NH}_4^+$  в кислых условиях. Уровень аммония в установке снизился с максимальных 5,0 промилле до менее 0,5 промилле, что говорит о том, что подход аквапоники обеспечивает один из лучших методов контроля качества воды в отрасли.

Предварительный анализ показал высокий рН 8,6 в растворе. Эти условия благоприятствовали осаждению Ca, Mg, Fe и большинства микроэлементов (за исключением Mo) в виде фосфатов и сульфатов. Наиболее заметным был дефицит железа. рН постепенно снижали с 8,6 до 6,2 с использованием фосфорной кислоты. Эти условия привели к быстрому накоплению Mg и Ca из-за естественного обилия этих элементов в местном источнике воды. Также наблюдалось умеренное количество Na (около 0,5 мм). Однако он никогда не достигал токсичного порога из-за интенсивного роста растений и поглощения избытка натрия. Уровень N- $\text{NO}_3$  постепенно увеличивался с 0 до 10 мм, что обеспечивало достаточный источник азота для растений. Железо и микроэлементы были добавлены в раствор, чтобы обратить вспять симптомы дефицита.

Поскольку концепция аквапоники подразумевает использование корма для рыб в качестве основного источника питательных веществ для растениеводства, баланс питательных веществ в корме для рыб имеет решающее значение для растениеводства. Требования к калию различны для растений и для рыб. Рыбная мука, основной компонент составов для кормления рыб, содержит мало калия. Измеренный уровень калия в сточных водах рыбы

был в 10 раз меньше, чем у кальция, и в 5 раз меньше, чем у натрия в начале эксперимента. Нормальное соотношение между Са и К должно составлять от 2:1 до 1,5:1 и не должно опускаться ниже 1 к 1. Са и Na препятствуют поглощению К. Повышенный уровень этих элементов может вызвать сильное К-голодание. Таким образом, предварительные наблюдения в системе аквапоники выявили внутренний дисбаланс питательных веществ в системе, основанной на составах для кормления рыб в качестве единственного источника питательных веществ для растений. Существующие системы аквапоники используют добавки гидроксида кальция или калия для контроля рН. Однако в таких системах уровень калия регулируется не потребностями растений, а скорее рН.

Важно отметить, что рыбы выделяют азот, главным образом, в форме мочи через жабры, только небольшая его часть выделяется в форме экскрементов через анальное отверстие. Фосфор выделяется только с экскрементами.

Таким образом, основная часть азота полностью растворена в воде и не может быть удалена механическим фильтром. Кислород ( $O_2$ ) поступает через жабры и необходим для производства энергии и расщепления белков, тогда как углекислый газ ( $CO_2$ ) и аммиак ( $NH_3$ ) производятся как отходы. Как правило, аммиак токсичен для рыб при уровнях выше 0,02 мг/л. Хотя более низкие значения рН сводят к минимуму опасность превышения токсичного уровня аммиака 0,02 мг/л, для большей эффективности работы биофильтра рыбоведам рекомендуется достичь, как минимум, уровня рН = 7. Нитрит ( $NO_2^-$ ) образуется в промежуточном этапе процесса нитрификации и токсичен для рыб при уровнях выше 2 мг/л. Если рыбы, содержащиеся в УЗВ, хватают воздух, несмотря на подходящую концентрацию кислорода, причиной может быть высокая концентрация нитрита. При высоких концентрациях нитрит попадает через жабры в кровь рыб, где препятствует поглощению кислорода. Если добавить в воду соль, даже при настолько низкой концентрации, как 0,3%, поглощение нитрита блокируется. Нитрат является конечным продуктом процесса нитрификации и, хотя и считается безвредным, кажется, что его высокие уровни (выше чем 100 мг/л) отрицательно сказываются на росте и эффективности кормления.

Эффективность биофильтрации зависит, главным образом, от следующих факторов: температуры воды и уровня рН в системе. Для достижения приемлемой скорости нитрификации температура воды должна быть в пределах 10–35°C (оптимально около 30°C), а уровень рН – между 7 и 8. Температура воды чаще всего зависит от выращиваемого вида и, соответственно, устанавливается не так, чтобы обеспечить наиболее оптимальную скорость нитрификации, а для обеспечения оптимальных уровней роста рыбы.

Для достижения приемлемой скорости нитрификации температура воды должна быть в пределах 10–35°C (оптимально около 30°C), а уровень рН – между 7 и 8. Температура воды чаще всего зависит от выращиваемого вида и,

соответственно, устанавливается не так, чтобы обеспечить наиболее оптимальную скорость нитрификации, а для обеспечения оптимальных уровней роста рыбы. Тем не менее, важно регулировать рН согласно эффективности биофильтра, поскольку малые уровни рН снижают эффективность биофильтрации. Таким образом, для достижения высокой скорости бактериальной нитрификации, рН должен удерживаться выше 7. С другой стороны, более высокий рН приводит к постоянно растущему количеству свободного аммиака ( $\text{NH}_3$ ), что увеличивает токсичный эффект. Рекомендуемая точка находится между рН 7,0 и рН 7,5.

Значение рН в водоочистной системе определяется следующими основными факторами: углекислый газ ( $\text{CO}_2$  произведённый рыбами и за счет биологической активности в биофильтре) и кислота (произведенная в ходе процесса нитрификации).  $\text{CO}_2$  удаляется с помощью аэрации воды, причем на данном этапе также происходит дегазация. В процессе нитрификации образуется кислота ( $\text{H}^+$ ), понижающая уровень рН. Стабилизация рН требует добавления какого-либо основания.

Мы предлагаем новую концепцию аквапонного производства, основанную на добавках калия и других питательных веществ. Баланс между питательными веществами растений в рыбных стоках контролировался добавлением добавок, ограниченных железом и калием, чтобы обеспечить наилучший режим питания для максимального производства растений. Тем не менее, сточные воды рыбы обеспечивали основную часть питательных веществ. После шести месяцев эксплуатации баланс макро - и микроэлементов в установке аквапонике полностью соответствовал стандартной коммерческой смеси с минимальными добавками минералов.

Нитриты и пестициды легко поступают в организм человека из рыбных продуктов. В настоящее время установлено, что молибденсодержащие ферменты животных, такие как ксантинооксидаза (КО) и альдегидоксидаза (АО) обладают способностью превращать нитраты и нитриты, а также окислять гетероциклические соединения. Впервые нами установлено, что КО печени и мышц травоядных и хищных рыб обладает активностью восстанавливать нитраты и нитриты в физиологически важное для рыб вещество – оксид азота ( $\text{NO}$ ). АО этих органов активно окисляет гетероциклический пестициды (например, канцерогенные фталазины), превращая его безвредное производное, таким образом можно будет получить экологически безопасную рыбную продукцию.

Основным компонентом активного центра молибденсодержащих ферментов животных, растений и микроорганизмов является так называемый молибдокофактор (Мо-ко). В молекуле этого кофактора содержатся две сульфгидрильные ( $-\text{SH}$ ) группы, расположенные в соседних атомах углерода. При каталитической реакции фермента, т.е. внутриферментном переносе электронов один атом молибдена связывается с этими  $-\text{SH}$  группами кофактора. В отсутствие атома молибдена сульфгидрильные группы легко связывают двухвалентные тяжелые металлы. Активация КО и АО печени и мышц рыб кормом, содержащим молибден, позволяет получить качественную

рыбную продукцию в аквакультуре, где рыбы выращиваются в контролируемых условиях. Временное содержание рыб, выловленных из природных водоемов, в контролируемых условиях в молибденсодержащей водной среде также приводит к очистке тела живых рыб от нитритов и пестицидов. Следует отметить, что относительно высокая концентрация молибдата натрия не является токсичной для животных и растений.

Нами было ранее установлено, что подкормка животных молибденсодержащим кормом, или подпаивание молибденсодержащей водой резко повышают активность этих ферментов [8,9,10]. Результаты многочисленных исследований показывают, что отсутствие или недостаток молибдена в корме или в питьевой воде приводит к образованию неактивных форм КО и АО в органах животных. Кроме того, при дефиците молибдена эти ферменты (животных и растений) необратимо ингибируются тяжелыми металлами. Поэтому, КО и АО животных для активности абсолютно требуют достаточное количество молибдена. Поскольку КО и АО наземных животных обладают вышесказанными активностями, мы предполагали, что молибдоферменты рыб также могут восстанавливать нитраты и нитриты, а также трансформировать гетероциклические пестициды [11,12].

В растений молибденсодержащие ферменты КДГ (растительная форма КО), АО и нитратредуктаза (НР) играют исключительную роль в устойчивости растений к таким неблагоприятным факторам окружающей среды, как засоление, холод и загрязнение тяжелыми металлами. АО растений также способны трансформировать ксенобиотики (пестициды). Взаимодействия этих трех ферментов повышает рост и развитие, и в конечном счете урожайность и качество растений. Следует отметить, что в настоящее время молибдоферменты водных растений (гидрофитов) слабо изучено.

### Список источников

1. Wilson A. Lennard, Brian V. Leonard. A Comparison of Three Different Hydroponic Sub-systems (gravel bed, floating and nutrient film technique) in an Aquaponic Test System // Aquaculture International. - 2006. - V. 14, № 6. - P. 539-550.
2. Жигин А.В. Замкнутые системы в аквакультуре. Монография.- М.:РГАУ-МСХА, 2011.-665с.
3. Wilson G. Greenhouse aquaponics proves superior to inorganic hydroponics // Aquaponics Journal. - 2005. - № 39. - С. 14-17.
4. Walsh P. J., Wang Y., Campbell C. E., DeBoeck G., Wood C. M. Nitrogen excretion patterns and gill expression of urea transporters in various species of marine fish// Marine Biology.- 2001.-V.139.-P. 839–844.
5. Walsh P. J. Evolution and regulation of ureogenesis and ureotely in (batrachoidid) fishes//Annual Review of Physiology.-1997.-V. 59.-P. 299–323.
6. Wood C. M., Hopkins T. E., Walsh P. J. Pulsatile urea excretion in the toadfish (*Opsanus beta*) is due to a pulsatile excretion mechanism, not a pulsatile

production mechanism// Journal of Experimental Biology.-1997.- V.200.- P. 1039–1046.

7. Wood C. M., McDonald M. D., Sundin L., Laurent P., Walsh P. J. Pulsatile urea excretion in the gulf toadfish: mechanisms and control//Comparative Biochemistry and Physiology.-2003.- V.136B.-P. 667–684.

8. Антипова Л.В., Антипов С.С., Алтаева А., Аликулов З. Дворянинова О.П. Ксенобиотики в трофических цепях водных экосистем при производстве аквакультурных источников пищи. Материалы 3-го Байкальского Микробиологического Симпозиума «Микроорганизмы и вирусы в водных экосистемах» с международным участием (Иркутск, 3–8 октября 2011 г.). – Иркутск: Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2011. – 166 с.

9. Калашинова Л.К., Аликулов З.А., Ашимов С.А.,Рахимжанова Д.Т., Ахметбеков Н.А.. Новые пути улучшения качества рыбной продукции в аквакультуре. Материалы международной научно-теоретической конференции «Сейфуллинские чтения-10: «Новые перспективы подготовки конкурентоспособных кадров и роль науки в формировании индустриально-инновационной политики страны», посвященной 120-летию со дня рождения С. Сейфуллина. – 2014. – Т.1., ч.1. – С. 119-121.

10. Калашинова Л.К., З.А. Аликулов, С.А. Ашимов, Д.Т.Рахимжанова, Н.А.Ахметбеков. 2014. Новые пути улучшения качества рыбной продукции в аквакультуре. Материалы международной научно-теоретической конференции «Сейфуллинские чтения-10: «Новые перспективы подготовки конкурентоспособных кадров и роль науки в формировании индустриально-инновационной политики страны», посвященной 120-летию со дня рождения С. Сейфуллина. – 2014. – Т.1., ч.1. – С. 119-121.

11. Alikulov Z., Talapova Zh., Dussembaev K. 2015. Role of animal molybdoenzymes in detoxification of xenobiotics. Международный научный журнал «Символ науки» №4/2015. Стр. 222-225.

12. Келесбаев А.Е., Әшімов С.Ә., Әліқұлов З.А. 2016. Балықтар организміндегі молибденді ферменттерінің белсенділігі судағы ксенобиотиктерге байланыстылығы. Материалы Республиканской научно-теоретической конференции «Сейфуллинские чтения–12: Молодежь в науке-инновационный потенциал будущего». – 2016. – Т.1, ч.1. – Б. 283-285.

#### **Сведения об авторах:**

Сатканов М. Ж.-магистрант, Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан.

Кулатаева М. С.-старший преподаватель, Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан.

Камбарбекова А.А. - докторант, Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан.

Аубакирова К. М.-научный сотрудник, Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан.

Аликулов З. А.-профессор кафедры биотехнологии и микробиологии Евразийского национального университета им.Л. Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан.