

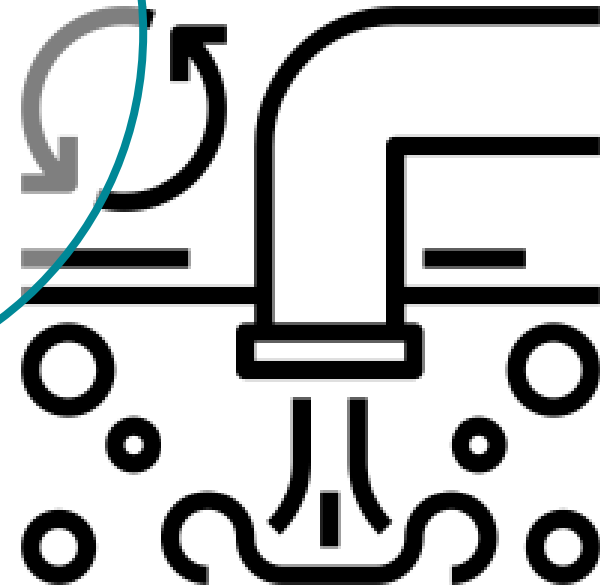
# **Использование микроводорослей и цианобактерий для очистки СТОЧНЫХ ВОД**

**Сандыбаева Сандуғаш**

Традиционные системы очистки, как правило, являются дорогостоящими, энергоемкими и зачастую не способны решить все проблемы, возникающие при очистке сточных вод.

Микроводоросли являются перспективными кандидатами для рекультивации сточных вод, поскольку они способны снижать количество азота и фосфатов, а также других токсичных соединений, включая тяжелые металлы.

По сравнению с традиционными системами, фотосинтезирующие микроводоросли требуют меньших энергозатрат, поскольку в качестве источника энергии используют солнечный свет. и в то же время снижают углеродный след от всего процесса рекультивации.

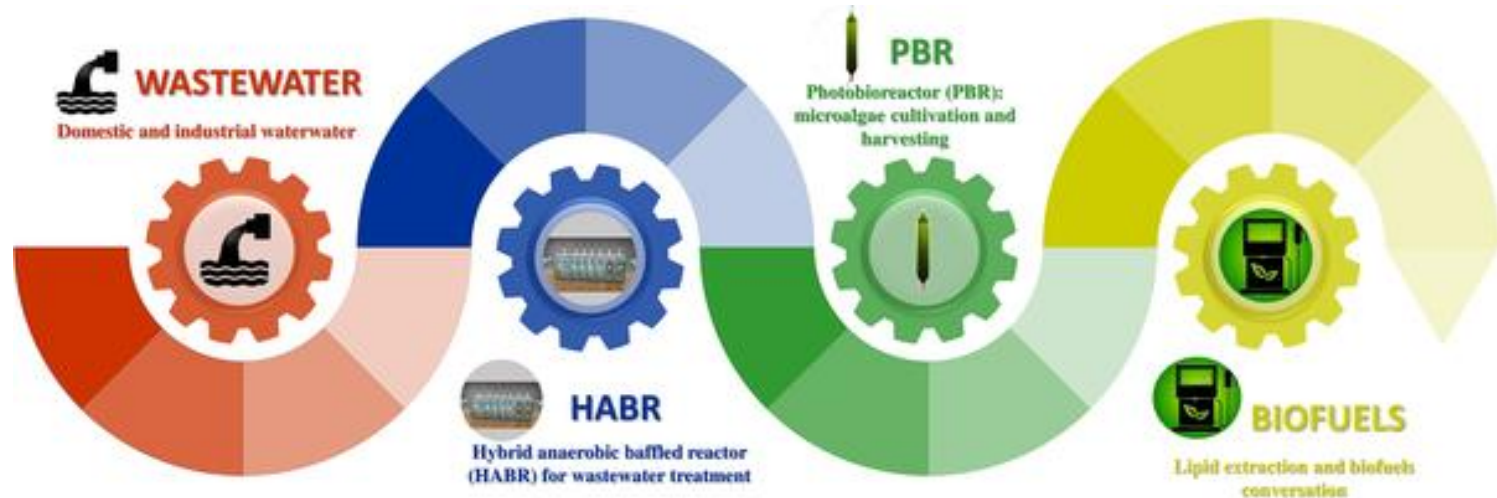


# Состав сточных вод при выращивании микроводорослей

Сточные воды часто содержат значительные количества органических и неорганических питательных веществ, которые создают экологический дисбаланс из-за их высокой биологической потребности в кислороде (БПК) и химической потребности в кислороде (ХПК). Избыток питательных веществ, особенно азота (N) и фосфора (P), приводит к эвтрофикации воды, что является одной из самых серьезных экологических проблем в мире



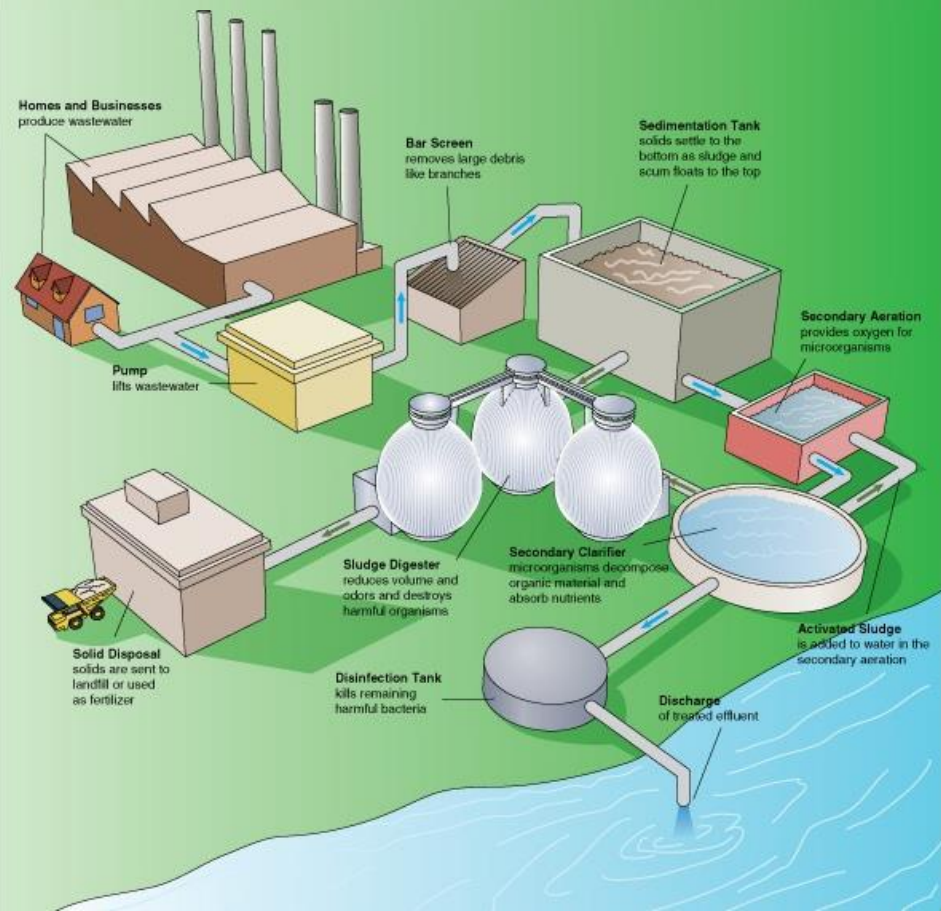
Использование микроводорослей в очистке сточных вод широко изучается уже более 50 лет из-за их фотосинтетических способностей, преобразования солнечной энергии в полезную биомассу и включения питательных веществ, таких как азот и фосфор, вызывающих эвтрофикацию



## Отходы ликеро-водочного завода

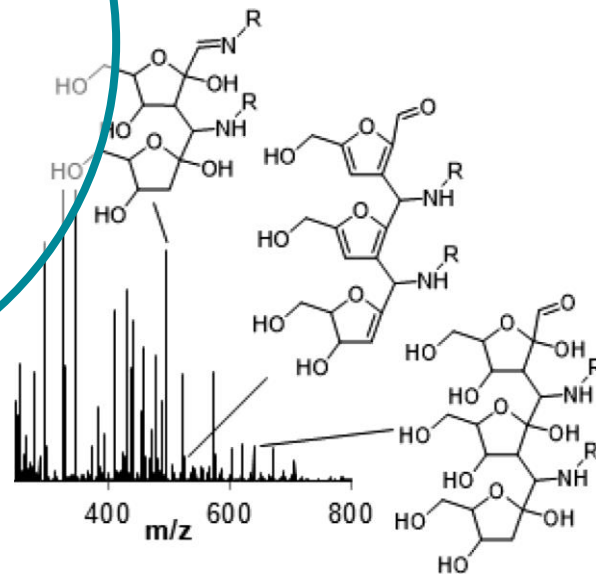
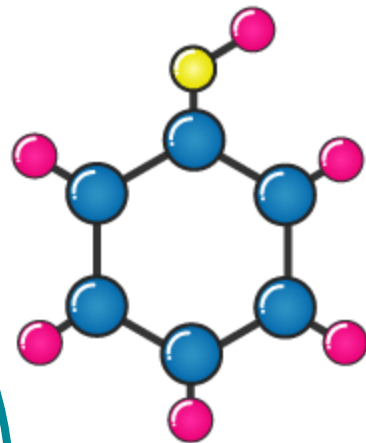
Ликеро-водочные заводы входят в число ведущих отраслей промышленности по объему сбрасываемых сточных вод. Сообщается, что при производстве единицы литра этанола в процессе дистилляции образуется более 10 л сточных вод.

Очистка сточных вод ликеро-водочных заводов представляет собой сложную задачу из-за очень высокого содержания в них органических веществ и стойких соединений. Из-за его токсичной природы первоначально для лечения были предпочтительны физико-химические процессы. Однако образование осадка и стоимость являются недостатками.



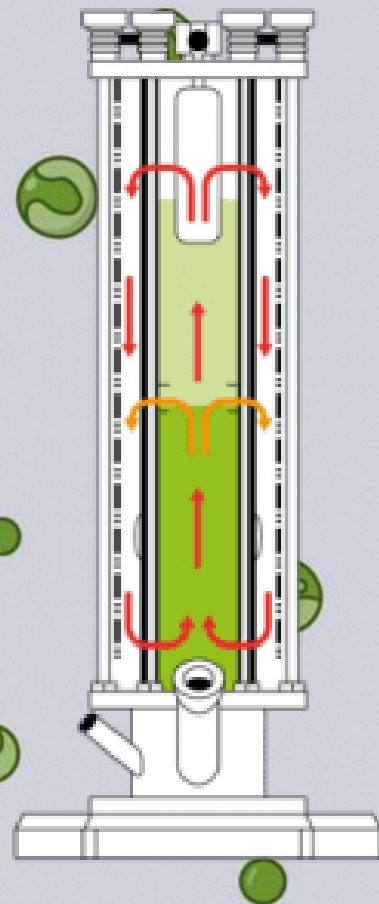
Предпочтение отдавалось анаэробным, грибковым и термофильным бактериальным обработкам. Очистка была ограничена из-за временных изменений скорости загрузки и ингибирующей природы фенольных и меланоидиновых компонентов.

Очистка водорослями становится альтернативой традиционному. Для обработки миксотрофных водорослей требуется меньше кислорода, чем для других технологий аэробной обработки, из-за фотосинтетической оксигенации.



В разбавленных сточных водах рост цианобактерий был усилен по сравнению с неочищенными сточными водами. Сообщалось, что при разбавлении стоков неорганической средой максимальная биомасса 1,4 г/л была получена во время роста водорослей. Этот результат был подтвержден и при выращивании *Chlamydomonas reinhardtii* по появлению барды и *Chlamydomonas biconvexa* исследовали в сырой, разбавленной и очищенной барде в плоскопластинчатом фотобиореакторе Airlift.

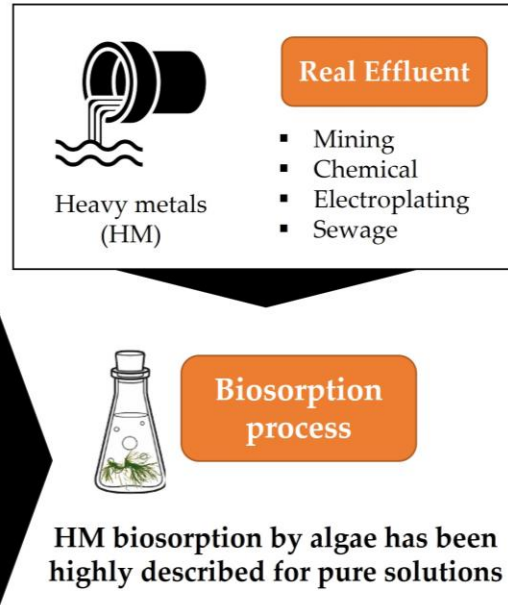
*Chlorella vulgaris* использовали в анаэробном реакторе с псевдооживленным слоем (AFBR), в котором сточные воды содержали 17 г/л ХПК и соотношение БПК/ХПК 0,22. Удаление ХПК, БПК и фосфора составило 98%, 98% и 90% соответственно. Рекомендуемым источником N для анаэробного сбраживания являются выбросы NH<sub>3</sub>.



# Тяжелые металлы

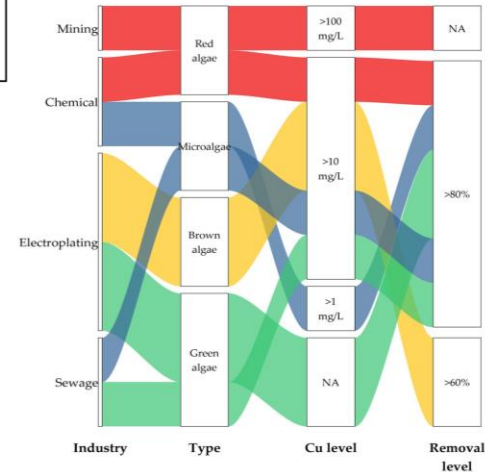
Самый простой подход к уничтожению металлических токсинов — биосорбция.

Биосорбенты могут быть созданы как из живой, так и из неживой биомассы микроводорослей. Микроводоросли также могут извлекать ионы драгоценных металлов, содержащие таллий, серебро и золото. Токсичные металлы можно осторожно удалить из экосистемы, используя микроводоросли для биоремедиации.



Description of HM biosorption from actual effluents is scarce

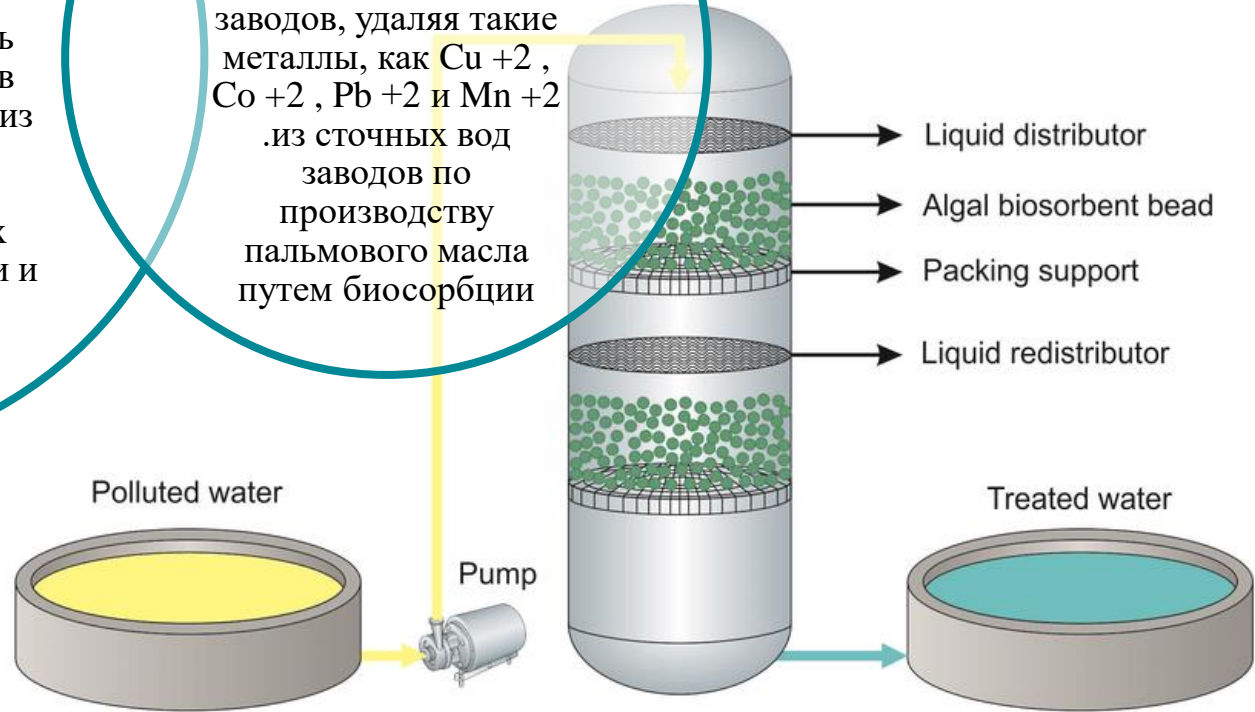
Cu biosorption by algae from effluents of different industries





Было показано, что свободно суспендированная и удерживаемая хлорелла обыкновенная эффективна в удалении  $Fe^{+2}$ ,  $Mn^{+2}$  и  $Zn^{+2}$ . Было заявлено, что *Spirulina* sp. могут удалять остаточные компоненты, в частности  $Hg^{+2}$  и  $Cd^{+2}$ , из промышленных отходов (медеплавильных и нефтеперерабатывающих заводов) путем биосорбции и биоаккумуляции.

Эль-Ших и др. указали, что *Nostoc muscorum* и *Anabaena* могут расти в сбросах соляных и содовых заводов, удаляя такие металлы, как  $Cu^{+2}$ ,  $Co^{+2}$ ,  $Pb^{+2}$  и  $Mn^{+2}$  из сточных вод заводов по производству пальмового масла путем биосорбции



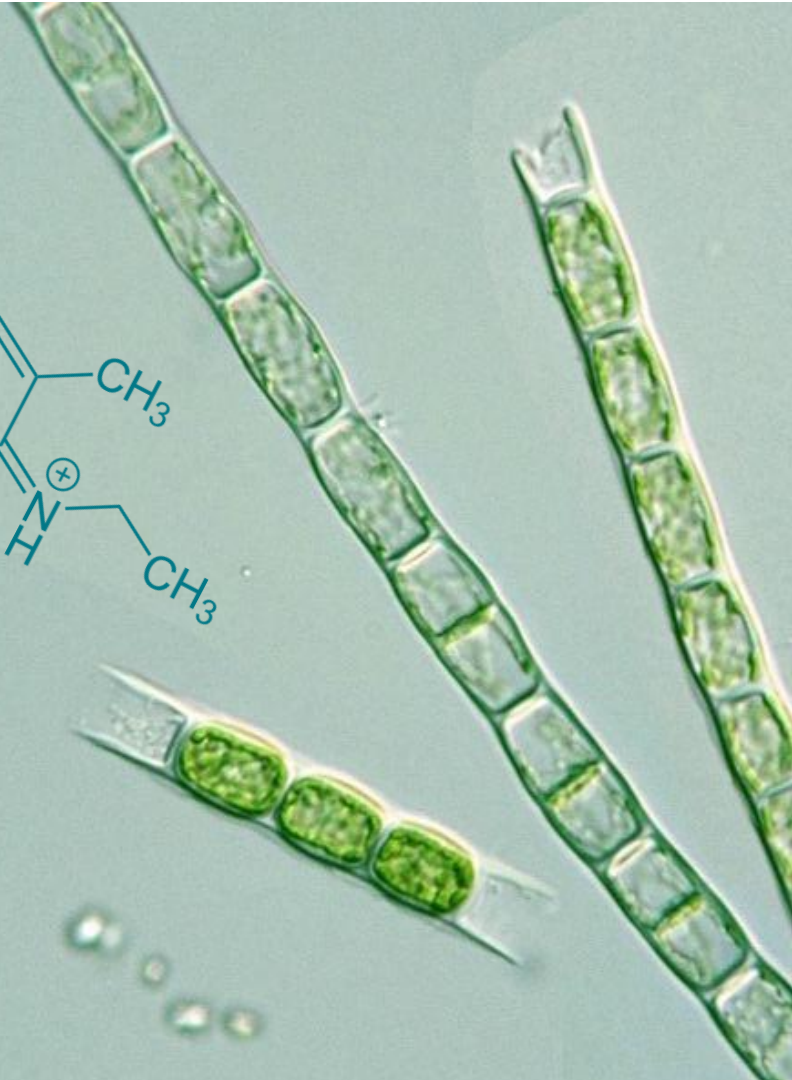
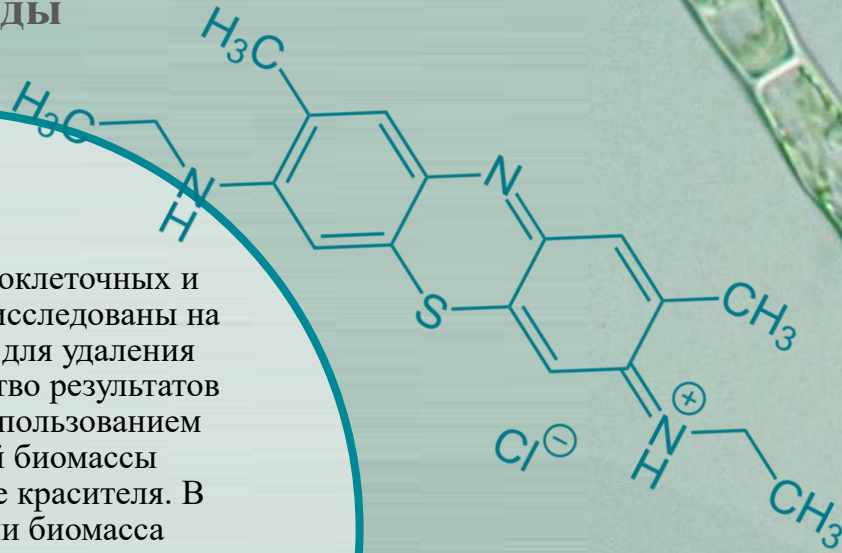
Эрадикация тяжелых металлов  
микроводорослями осуществляется в два этапа:

быстрая, обратимая и пассивная адсорбция на поверхности клетки (ионы металлов сорбируются за счет электростатического притяжения к функциональной группе, расположенной на клеточной стенке), с последующей

медленным, необратимым, активным процессом, включающим перемещение ионов металлов от клеточной стенки к клеточной мембране, а не к цитоплазму. Первый этап происходит как в живых, так и в мертвых клетках, тогда как второй этап происходит только в живых клетках

## Текстильные отходы

Микроводоросли одноклеточных и нитчатых родов были исследованы на предмет биосорбции для удаления красителей. Большинство результатов было достигнуто с использованием нежизнеспособной биомассы водорослей в растворе красителя. В одном исследовании биомасса водорослей *Microspora* после экстракции липидов было отмечено, что он является эффективным биосорбентом метиленового синего, удаляя до 100% красителя за 24 ч при перемешивании со скоростью 150 об/мин.



---

*Spirulina Platensis* после экстракции нефти для биодизельного топлива, оказался недорогим биосорбентом для метиленового синего. В другом анализе Jing et al. показали, что биоуголь, полученный из остаточной биомассы *Ulothrix zonata* после экстракции пигмента, можно рассматривать как доступный биосорбент для малахитового зеленого, кварцевого фиолетового и конголезского красного.

---

Максимальная адсорбционная способность была аналогична сырой и предварительно обработанной кислотой биомассе. Остатки отходов производства биодизеля из водорослей оказались эффективными в качестве биосорбента для удаления красителей.



## Муниципальные сточные воды

Муниципальные сточные воды или бытовые сточные воды определяются как сточные воды, сбрасываемые из домов, кухонь, ванных комнат и прачечных (REF). По сравнению с некоторыми типами сточных вод городские сточные воды содержат более низкие уровни N (15–90 мг/л), P (5–20 мг/л) и, как правило, имеют низкий уровень концентрации ХПК (менее 300 мг/л · L<sup>-1</sup>) и часто подходит для процессов очистки сточных вод на основе микроводорослей.



---

Хан и др. (2021) продемонстрировали, что *S. obliquus* играет жизненно важную роль в удалении азота и фосфора из сточных вод первичных и вторичных отстойников.

---

Результаты показали, что общее содержание азота (TN) в сточных водах первичного и отстойников составило 99,8 и 98,9% соответственно. При этом общий фосфор (ОФ) в сточных водах первичного и отстойников составил 83,1 и 97,6% соответственно.



Сельскохозяйственные сточные воды — это сточные воды, сбрасываемые в процессе выращивания сельскохозяйственных культур, животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции, включая сточные воды дренажа сельскохозяйственных угодий и сточные воды, полученные из навоза животных

## Wastewater treatment and uses



---

Сельскохозяйственные сточные воды, образующиеся из навоза животных, имеют высокую концентрацию питательных веществ, высокую мутность и высокие концентрации нерастворимых органических соединений, а при очистке сточных вод животных используется очень ограниченное количество видов водорослей

---

Например, сточные воды свинарников обычно имеют соотношение N/P 12–17, общий уровень азота 800–2300 мг л<sup>-1</sup> и общий уровень фосфора 50–230 мг л<sup>-1</sup>.





Однако загрязняющие вещества с высокой мутностью могут блокировать свет и снижать эффективность фотосинтеза. Между тем, высокие концентрации аммиачного азота могут препятствовать росту микроводорослей, включающему перенос электронов фотосистемы II, что делает ее непригодной для выращивания микроводорослей.

Чена и др. (2020)  
эффективность удаления TN,  
TP и ХПК для штамма *S. sorokiniana* AK-1 составила  $78,3 \pm 1,4\%$ ,  $>97,7\%$  и  $88,8 \pm 0,9\%$  соответственно после 15 дней культивирования в 10% разбавленных свиных сточных водах с добавлением BG11..

