

АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ ЗООЛОГИИ

На правах рукописи

Х. А. АБДУЛЛАЕВА

**БИОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ В ОБЛАСТИ
ОЧИСТКИ БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД ГОР. БАКУ НА
БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРУДАХ**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

БАКУ — 1968

4

АКАДЕМИЯ НАУК АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ ЗООЛОГИИ

На правах рукописи

Х. А. АБДУЛЛАЕВА

БИОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ В ОБЛАСТИ
ОЧИСТКИ БЫТОВЫХ СТОЧНЫХ ВОД ГОР. БАКУ НА
БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРУДАХ

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель — канди-
дат биологических наук

М. В. ГАСАНОВ

62в.394

Работа выполнена в лаборатории биологической очистки сточных вод Бакинского филиала ВНИИ, «ВОДГЕО».

Глубокоуважаемый

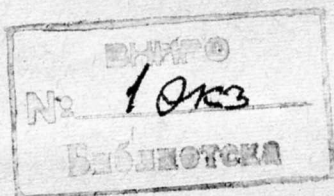
Ученый Совет Института зоологии АН Азербайджанской ССР направляет Вам для ознакомления автореферат диссертационной работы Х. А. Абдуллаевой «Биохимическое исследование в области очистки бытовых сточных вод гор. Баку на биологических прудах», представленной на соискание ученой степени кандидата биологических наук, защита которой намечается на « 14 » *исебей* 1968 г.

Официальными оппонентами назначены:

1. Доктор биологических наук **А. Г. Касымов.**
2. Кандидат биологических наук **Т. Н. Сивко.**

Ваши отзывы и заключения по автореферату просим выслать в 2-х экземплярах по адресу: Баку—ГСП, 6-я Хребтовая, 5, Институт зоологии АН Азерб. ССР.

Ученому секретарю.



Программой Коммунистической партии Советского Союза предусмотрено дальнейшее развитие промышленности в нашей стране. Объем промышленной продукции в течение ближайших 10 лет увеличится примерно в 2,5 раза, а в течение 20 лет не менее, чем в 6 раз. Предусматривается также широкое развитие коммунального строительства и благоустройства городов, рабочих поселков, строительство водопроводов и канализаций, намечается проведение мероприятий по дальнейшему оздоровлению условий жизни в населенных пунктах и решительная борьба с загрязнением воздуха, воды и почвы. Большой объем предстоящих работ по строительству канализационных сооружений требует осуществления мероприятий, позволяющих снизить их стоимость.

Одной из эффективных мер по снижению стоимости строительства канализаций является разработка прогрессивных методов очистки сточных вод. Большое значение при этом приобретает точность технологических расчетов, так как от них зависят капитальные затраты на строительство очистных сооружений и санитарная надежность их работы. Это особенно важно при повышенных требованиях к защите водоемов от загрязнений сточными водами. В связи со сказанным, повышается значение теоретических и экспериментальных основ процессов очистки сточных вод.

Для очистки небольших объемов сточных вод наиболее целесообразным является широкое использование природных процессов самоочищения. С этой точки зрения, наряду с почвенными методами очистки (поля фильтрации и орошения), большой интерес представляет очистка сточных вод в биологических прудах, идею которых еще в 1914 г. выдвинул С. Н. Строганов.

В биологических прудах при очистке сточных вод ведущая роль принадлежит планктонным водорослям.

В настоящее время при возросшей технической оснащенности народного хозяйства создаются большие возможности для канализования небольших населенных пунктов и отдельных объектов, как школ-интернатов, больниц, санаторий, домов отдыха и других оздоровительных учреждений. Это соз-

дает возможность для широкого применения биологических прудов, как очистных сооружений. Как показала практика, при повышенных требованиях к санитарной охране водоемов, биологические пруды могут найти себе применение также при канализовании крупных городов. Эксплуатация этих сооружений показала полную возможность использования хозяйственно-бытовых сточных вод больших городов, после их очистки в биологических прудах для целей орошения сельскохозяйственных культур.

Существенным обстоятельством, обеспечивающим эффективную работу биологических прудов являются климатические условия, которые на Апшеронском полуострове (большая интенсивность общей солнечной радиации во все времени года, жаркое лето, солнечная осень и мягкая теплая зима, большое количество ветровых дней в году и др.) благоприятствуют применению этого типа сооружений и для больших городов, таких как Баку, Сумгаит и др.

В настоящее время сточные воды Апшеронского полуострова: промышленные, хозяйственно-фекальные и ливневые сбрасываются в Каспийское море без достаточной очистки, что приводит к загрязнению прибрежной полосы моря в районе Апшеронского полуострова и становится опасным источником распространения кишечных инфекций. Особенно серьезное положение наблюдается в Бакинской бухте, куда поступают все сточные воды г. Баку и его пригородов. Это сделало необходимым научное обоснование экономически выгодных методов очистки сточных вод с учетом климатических и других особенностей Апшерона.

Впервые в Азербайджане изучением роли протококковых водорослей в процессе самоочищения хозяйственно-бытовых сточных вод занималась лаборатория биологической очистки Бакинского филиала ВНИИ ВОДГЕО (М. В. Гасанов, Х. А. Абдуллаева и др., 1962).

На территории очистной станции г. Баку были построены экспериментальные биологические пруды. Полученные данные выявили большой эффект очистки городских сточных вод г. Баку на биологических прудах в условиях Апшерона.

В диссертации, на основе экспериментальных данных, полученных в результате исследований работы этих прудов (1962—1965 гг.), даются рекомендации по использованию этого типа сооружений для очистки сточных вод города и его пригородов.

Экспериментальные работы, проведенные на опытном пруде, показали, что данный метод очистки городских сточных вод г. Баку дает большой эффект.

Первая глава работы посвящена литературному обзору. Изучением эффективности самоочищения сточных вод в биологических прудах занимались многие отечественные и зарубежные исследователи. Так, еще С. Н. Строганов (1914), Н. А. Базякина и др. (1919), Н. Г. Захаров и Е. Ф. Константинова (1929) считали, что фотосинтез является одним из основных факторов в работе окислительных прудов. Выяснением роли фотосинтеза фитопланктона в самоочищении сточных вод в биологических прудах с 1952 г. занимались сотрудники Белорусского научно-исследовательского института Г. Г. Винберг, Т. Н. Сивко (1952, 1953) Т. Н. Сивко (1953), Г. Г. Винберг (1965), Г. Г. Винберг, П. В. Остапеня (1957), Г. Г. Винберг, Т. Н. Сивко, Р. И. Левина, И. М. Крючкова (1965) и др.

В зарубежной практике изучением данного вопроса занимались исследователи США (W. W. Towne и др. 1957), Германии (D Uhlmann, 1958), Швеции (M. Wennström 1955), Дании (O. Malchow-Möller и др. 1955), Англии (W. E. Abbott 1948, 1949, 1950, 1952 и т. д.), Австралии (C. D. Parker и др. 1950, 1959).

Вторая глава диссертации посвящена изучению количественной и санитарно-химической характеристики сточных вод бакинской городской канализации. Расход сточных вод г. Баку в настоящее время составляет $1,3 \text{ м}^3/\text{сек}$ или $113.000 \text{ м}^3/\text{сут}$. Система хозяйственно-фекальной канализации г. Баку принимает как хозяйственные стоки города, так и стоки большинства промышленных предприятий, расположенных вдоль коллекторов городской сети, кислые и сильно загрязненные стоки, которые проходят локальную очистку на предприятиях. По целому ряду промышленных объектов, сбрасывающих свои стоки в городскую сеть и для отдельных коллекторов городской канализационной сети приводятся данные химического, санитарно-бактериологического и гельминтологического анализа стоков. Результаты этих исследований показали, что сточные воды городской канализации засолоняются отдельными промышленными предприятиями. Так, например, количество хлоридов колеблется в пределах $450-980 \text{ мг/л}$, что значительно превышает величины, характерные для хозяйственно-бытовых сточных вод.

Помимо указанных факторов, нами были изучены отдельные физиологические группы микроорганизмов, принимающих участие в минерализации. К этим группам были отнесены сульфатредуцирующие, денитрифицирующие, нитрифицирующие, тионовокислые бактерии. Городские сточные воды в своем составе содержат достаточное количество сульфат ионов, вследствие того, что канализационные стоки зачастую смешиваются с морской водой, используемой промышленными предприятиями.

В условиях придонного слоя отстойников механической очистки создаются анаэробные условия, способствующие развитию сульфатредуцирующих и денитрифицирующих микроорганизмов. В процессе восстановления сульфатов источником энергии для сульфатредуцирующих бактерий является органическое вещество, которое подвергается процессу дегидрирования. При этом сульфаты восстанавливаются до сероводорода. Последний с участием *Thiobacillus thioparus* окисляется и таким образом обеззараживается.

Следует отметить, что вследствие этих процессов органическое вещество, содержащееся в осадках в сточной жидкости придонного слоя очистных сооружений механической очистки, частично минерализуется. Минерализация органического вещества также наблюдается в процессе денитрификации.

Таким образом, изучение указанных выше физиологических групп микроорганизмов даст нам возможность глубже разобраться в понятии минерализации органических загрязнений в процессе очистки сточных вод.

В **третьей главе** представлены результаты экспериментальных исследований на моделях биологических прудов с использованием в качестве агента самоочищения зеленых прококковых водорослей, в частности *Chlorella*.

Модели прудов имели емкость 1,5 л каждая, располагались одна под другой и были последовательно соединены. Условия освещения каждой модели биопрудов с культурой были одинаковыми.

При постановке опыта была использована хозяйственно-фекальная вода, отобранная на Бакинской очистной станции после механической очистки (аналогичные воды будут поступать на биологические очистные пруды). Скорость поступления исследуемой воды была отрегулирована из расчета 1 мл/мин. Таким образом, для заполнения каждой из моделей требовалось немногим более суток. В опыте использовались пять моделей с циклом очистки равным пяти суткам. Культура водоросли *Chlorella* вводилась в одном случае только в первую из моделей — 50 см³, из расчета 5 млн клеток в 1 мл, во втором и третьем — в баллон с исходной водой, соответственно 150 и 200 см³.

Регулярно проводились наблюдения за температурным режимом, окисляемостью, рН, состоянием внесенной культуры, а также за общим количеством микроорганизмов кишечного происхождения и изменением характера гидробионтов в течение опыта.

Интенсивное развитие водорослей в моделях прудов привело к значительному снижению окисляемости (перманганатная). Так, в первой серии опытов (при температуре 25,5 —

23°C) на пятый день она составила 10,9 мг/л, т. е. снизилась более чем в 5 раз. Резкий запах воды становился незначительным на третий день и совсем исчезал на четвертый. Вода, по мере поступления из первой модели в последующие становилась более прозрачной и очищенной. Во второй и третьей сериях опытов также наблюдалось заметное снижение окисляемости, несмотря на сравнительно низкую температуру (соответственно 24,5 — 17,0 и 13,5 — 16,0°C) и неблагоприятную погоду.

Глава четвертая посвящена выяснению возможности очистки городских сточных вод г. Баку в биологических прудах с применением планктонных водорослей. Для этой цели на территории бакинской очистной станции был построен каскад опытных биологических прудов.

Общий объем прудов был равен 21,6 м³. Они включали в себя приемную ячейку и три опытных пруда, с объемом каждый по 6,2 м³ глубиной 0,6 м. Жидкость из главного сбросного канала поступала самотеком по трубопроводу, в конце которого смонтирована задвижка. Таким образом, представлялась возможность установить любую нагрузку на пруд.

Исследования проводились по сезонам года при разных режимах эксплуатации биологических прудов (проточные и непроточные) и разной гидравлической нагрузке. На проточном режиме эксплуатации прудов при летних температурах было проведено пять опытов. В трех опытах сточная жидкость инокулировалась культурой — *Chlorella vulgaris*, в одном — *Scenedesmus quadricauda*. Один опыт был проведен без предварительного внесения культуры водорослей. Кроме того, при летних температурах был проведен один опыт в условиях контактного пруда, т. е. при отсутствии протока сточной жидкости.

В каждом из вышеуказанных опытов устанавливалась определенная гидравлическая нагрузка сточной жидкости на единицу площади пруда (1,9; 1,7; 1,5; 1,0 л/мин).

Во всех опытах был принят следующий объем анализа: БПК_{полн.}, ХПК (методом бихроматной окисляемости), pH, растворенный кислород, производные азота (NH₄, NO₂, NO₃), минеральный фосфор, бактериологические и гидробиологические показатели.

Ниже приводим результаты опытных работ.

Цикл очистки в опытах составлял 10 дней, а нагрузка на пруд 1,5 л в мин.

А. Один из этих опытов при летних температурах (25+28°C). В пруд была внесена накопительная культура *Chlorella vulgaris*.

В проведенном опыте наблюдалось сильное снижение по-

казателей, характеризующих процесс самоочищения сточных вод. Так, величина БПК_{полн.} снизилась в процессе очистки с 289 до 19 мг/л или на 93,5%. Для сравнения укажем, что при очистке городских сточных вод на сооружениях искусственной биологической очистки (биофильтры, аэротенки) БПК_{полн.} в очищенных водах колеблется в пределах 15—20 мг/л.

ХПК исходной жидкости (нецентрифугированная) составляла 412 мг/л. В конце опыта величина ХПК снизилась до 106 мг/л, т. е. 74,3%. Если в начале опыта количество *Chlorella vulgaris* было 204 тыс. в мл, то в конце опыта оно возросло до 4625 тыс. в 1 мл. При этом рН жидкости достигал 9,5, вместо первоначальной его величины — 6,5. Количес- титр исходной воды был очень низким (10^{-5}). По мере самоочищения сточной воды коли-титр повысился и достиг 10^{-2} (1000 раз).

Количество сапрофитов в исходной жидкости было так велико, что подсчет их был затруднен. После очистки сточных вод число колоний снизилось до 1,5 тыс. в 1 мл при температуре термостата 37°C и до 2 тыс. в 1 мл. при 20°C, т. е. до величин, характерных для вод открытых водоемов. Общее количество микроорганизмов, установленных прямым счетом на мембранных фильтрах, также уменьшилось с 5751 тыс. до 1862 тыс. клеток в 1 мл. Яйца гельминтов в исходной сточной жидкости были обнаружены в количестве 13 штук в 10 л жидкости. В стоке из прудов они не были обнаружены.

Процесс нитрификации в опытных прудах протекал вполне удовлетворительно. Нитриты и нитраты в неочищенной воде отсутствовали, а в очищенной составляли соответственно 0,35 и 0,2 мг/л. Количество фосфатов снизилось с 3,85 до 1,12 мг/л.

При микроскопических исследованиях неочищенной сточной жидкости были обнаружены бесцветные жгутиковые, равноресничные инфузории, бактерии (кокки, палочки, спириллы), *Chlorella vulgaris*, а в очищенной, в конце опыта, брюхо- ресничные инфузории *Synura uvella*, *Vorticella*, коловратки, *Chlorella vulgaris*, что свидетельствует о наличии интенсивного процесса самоочищения.

Б. При летних температурах был проведен опыт с использованием *Scenedesmus quadricauda*. До постановки опыта культура выращивалась в лабораторных условиях на минеральной среде, затем, с целью адаптации к условиям опыта, на хозяйственно-фекальной сточной жидкости. Нагрузка на пруд установлена из расчета 1,5 л/мин. В данном опыте, как и в случае опытов, где сточная жидкость инокулировалась культурой *Chlorella vulgaris*, отмечался высокий эффект очистки сточных вод. Так, величина ХПК составила 74,3%.

ХПК (нецентрифугированной) сточной воды снизилось с 400,0 до 98 мг О/л или на 75,4%. БКП_{полн.} с 280 до 18,5 мг О/л или на 94%.

Наблюдалось интенсивное развитие в прудовой воде *Scenedesmus quadricauda*. Первоначальное количество клеток последней в начале составляло 105 тыс в 1 мл прудовой жидкости и 3210 тыс в 1 мл в конце опыта. Величина рН выросла с 6,95 до 9,48.

Коли-титр за 10 суток вырос с 10^{-5} до 10^{-2} мл, т. е. в 1000 раз. Количество сапрофитных бактерий, определяемых при температуре термостата 37°C, снизилось с 311 до 1 тыс. в 1 мл, а при температуре термостата 20°C с 250 до 2 тыс. в 1 мл.

Уменьшение количества микроорганизмов, как в случае инокуляции сточной жидкости культурой *Chlorella vulgaris*, так и *Scenedesmus quadricauda*, по-видимому, связано с бактерицидным действием водорослей, что соответствует данным С. А. Разумова (1943), Р. И. Левина (1961—1964).

Лефевр и Нисбет (M. Lefevre, M. Nisbet, 1948) провели исследования по изучению свойств планктонных водорослей *Scenedesmus quadricauda* и пришли к выводу, что они выделяют в окружающую среду вещества, задерживающие рост микроорганизмов. Лефевр и Нисбет назвали это вещество сценедесмином. Так же произошла 100% дегельминтизация сточных вод.

Нитриты и нитраты в начале опыта не обнаруживались, а в конце составляли соответственно 0,12 мг/л и 0,2 мг/л. Солевой аммиак в исходной жидкости 25,75 мг/л, а в очищенной жидкости 8,0 мг/л.

Растворенный кислород в начале опыта в первой секции пруда отсутствовал. В конце опыта содержание его достигло 19,5 мг/л. Следует отметить, что в данном опыте, т. е. при развитии в пруде *Scenedesmus quadricauda*, содержание растворенного кислорода в стоке из третьей секции пруда было выше, чем в опытах, в которых сточная жидкость инокулировалась культурой *Chlorella vulgaris*. Тем не менее у нас нет достаточно экспериментальных данных, чтобы объяснить этот факт более интенсивным фотосинтезом культуры *Scenedesmus quadricauda*. Об интенсивном процессе очистки сточных вод в присутствии последних говорит характерная смена сапробных организмов. Так, на смену представителям полисапробной и мезосапробной зоны в конце опыта приходят новые организмы: *Aspedisca costata*, диатомовые, зооглейные формы, коловратки, являющиеся индикаторными организмами при хорошей работе очистных сооружений.

При рассмотрении экспериментального материала обращает на себя внимание тот факт, что вне зависимости от того, какой культурой была первоначально инокулирована сточная вода, достигнутый эффект очистки в проточном пруде при летних условиях оказался высоким, сходным для разных опытов. Учитывая, что время в разных опытах было весьма близким, приводим ниже средние данные. Основной санитарный показатель качества очистки сточных вод — величина БПК_{полн.} снизилась, по средним данным всех опытов, с 218 до 20,3 мг О/л (предел колебаний 18,1—25,4 мг/л) или на 92,7% (предел колебаний 90,6% — 93,7%). Для сравнения укажем, что в условиях Белоруссии эффективность очистки сточных вод в прудах по БПК₅ была в пределах 80—90%. Общее содержание органических веществ, учитываемых при определении ХПК бихроматным методом, снизилось с 399 до 121 мг О/л (предел колебаний 98—159) или в среднем на 70% (предел колебаний 57—76%) (табл. 1).

Более низкий процент снижения общего содержания органического вещества, в сравнении с величиной снижения БПК_{полн.} по-видимому, можно объяснить тем, что в процессе самоочищения сточной воды в биологических прудах наряду с интенсивным распадом поступающих со сточными водами органических веществ идет синтез веществ, входящих в состав тел водорослей. Как известно, органические вещества живых клеток водорослей не учитываются при определении БПК_{полн.}

Содержание солевого аммиака снизилось в процессе очистки по средним данным всех опытов с 38 (предел колебаний 48,0 — 25,8) до 11,5 мг NH₄/л (предел колебаний 8,0—16,5) или в среднем на 70% (предел колебаний 60—80%). Следует отметить, что снижение аммиака не сопровождалось накоплением в прудах эквивалентного количества нитритов и нитратов. Последние накапливались в прудах в количестве, не превышающем нескольких десятков миллиграммов на литр воды пруда (0,3—0,4).

Эффективность очистки сточных вод от бактерий кишечной палочки (величина коли-титра) — показателя фекального загрязнения составила более 99,9%. Во всех опытах отмечалась полная дегельминтизация стока.

Таким образом, наши наблюдения показали, что в условиях Азербайджана очистка сточных вод в биологических прудах в летний период не уступает по эффективности очистке на искусственных сооружениях (биофильтрах и аэротенках). Биологические пруды могут быть рекомендованы в качестве очистных сооружений для очистки городских сточных вод.

Таблица 1

Показатели, характеризующие эффективность очистки сточных вод в проточном пруду в летних условиях

Показатели	Поступающая сточная вода					Очищенная сточная вода				
	опыты				среднее	опыты				среднее
	1	2	3	4		1	2	3	4	
БПК _{полн.} , мг О/л	283	272	289	280	281	18,1	25,4	19,1	18,5	20,3
Снижение БПК _{полн.} %	—	—	—	—	—	93,7	90,6	93,0	93,5	93,0
ХПК нецентрифугированной сточной воды, мг О/л	398	385	412	400	399	120	158	106	98,0	121,0
Снижение ХПК, %	—	—	—	—	—	70,0	56,5	74,5	75,5	70,0
Солевой аммиак, мг NH ₄ /л	40	38	48	26	38	8,0	16,5	13,2	8,0	11,5
Снижение солевого аммиака, %	—	—	—	—	—	80	60	72,5	70	68,0

В. Наряду с изучением процесса самоочищения в опытных проточных биологических прудах, были проведены аналогичные наблюдения в непроточном контактном пруде с использованием *Chlorella vulgaris*. Температура в течение опыта колебалась в пределах 16—19°C. Продолжительность опыта была 10 дней. Нагрузка в пруд составила 1,5 л/мин.

Результаты определения БКП_{полн.}, ХПК, рН и количества клеток водорослей приведены в таблице 2. Как видно из данной таблицы, ХПК снизилась в течение опыта с 589 до 138 мг О/л или 69%.

Таблица 2

Изменение основных показателей при очистке сточных вод в опытном непроточном биологическом пруду

Наименование проб	Показатели					
	БКП _{полн.} , мг О/л	ХПК, мг О/л	NH ₄ ⁺ , мг/л	Коли-титр, мл	Яйца гельминтов, штук	рН
Исходная вода	410,0	589,0	35,0	10 ⁻⁵	11	7,35
Очищенная вода	112,0	183,0	10,0	10 ⁻²	не обнаруж.	8,95
Снижение, в %	73	69	70		100	

Примечание: Время пребывания жидкости в пруду 10 дней.

БКП_{полн.} в этом опыте снизилась с 410 мг О/л в исходной воде до 112 мг О/л на последний день наблюдений, что составляет 73%.

Численность клеток водорослей *Chlorella vulgaris* увелилась по средним данным до 5,282 тыс. клеток в 1 мл (при первоначальном количестве в 218 тыс. клеток в 1 мл), рН возрос с 7,25 до 8,95.

Коли-титр исходной воды был равен 10⁻⁵. За 10 суток пребывания в пруде он повысился до 10⁻² т. е. в 1000 раз. Повышение коли-титра наблюдалось с первого дня заполнения пруда за счет увеличения части бактерий осаждающимися механическими примесями. Как и в предыдущих опытах, произошла 100% дегельминтизация.

Процесс нитрификации протекал удовлетворительно, солевой аммиак в исходной воде был равен 35,5 а в конце опыта снизился до 10,0 мг NH₄⁺/л. Нитритов и нитратов в конце опыта соответственно было 0,19 и 0,12, содержание фосфатов снизилось с 3,1 до 2,1 мг/л P, растворенный кислород в конце опыта достиг 3,5—4,2 мг/л.

В первые дни опыта в жидкости была обнаружена масса бактерий, *Paramecium caudatum*, а также *Euglena viridis* — показателей загрязненных вод. В конце опыта картина несколько меняется, появляются *Synura uvella*, брюхожесничные инфузории, *Chlorella vulgaris*, *Vorticella convallaria*.

Таким образом, приведенные данные показывают, что все показатели, характеризующие степень самоочищения сточных вод, хотя и снизились в этом опыте, но не достигли значений, наблюдаемых в проточных прудах (при одинаковом времени пребывания в них сточных вод). Можно думать, что ухудшение показателей процесса самоочищения связано не только с изменением условий эксплуатации пруда, но и в известной степени с более низкими температурами, особенно в ночное время.

Г. Опыт без предварительного внесения культуры водорослей. Температура в течение опыта колебалась в пределах 10—12°C. Продолжительность опыта была 10 суток. Нагрузка — 1,5 л/мин.

Процесс самоочищения городской сточной жидкости в опытном биологическом пруде был выражен значительно слабее, чем в предыдущих опытах, где использовалась культура водорослей.

Так, ХПК (бихроматная окисляемость) нецентрифугированной жидкости снизилась всего с 488 до 202 мг 0/л, т. е. на 59,0%. БПК_{полн.} снизилась с 292 до 104 мг/л, т. е. на 64,5% (табл. 3).

Таблица 3

Изменение некоторых показателей при очистке сточной жидкости в опытном проточном биологическом пруду без внесения водорослей (Т = 10—12°C)

Наименование проб	Показатели					рН
	БПК _{полн.} , мг 0/л	ХПК, мг 0/л	НН _д , мг/л	Коли-титр, мл	Яйца гельминтов, штук	
Исходная вода	292	488	56,2	10 ⁻⁵	9	7,2
Очищенная вода	104,2	202	30,2	10 ⁻³	1	8,2
Снижение, %	64,5	59	46,5		90	

Примечание: Время пребывания воды в пруду 10 дней.

Коли-титр сточной жидкости повысился за 10 суток от 10⁻⁵ до 10⁻³ т. е. в 100 раз. В начале опыта количество са-

профитных бактерий, выросших на МПА при температуре 37°C было 215 тыс. в 1 мл, а при 20°C 125 тыс. в 1 мл. В конце опыта количество сапрофитных бактерий снизилось соответственно лишь до 63 и 55 тыс./мл. Количество яиц гельминтов уменьшилось всего на 90%.

Процесс нитрификации в опыте без водорослей начался позднее, а снижение содержания солевого аммиака шло менее энергично (с 56,2 $\text{NH}_4/\text{л}$ до 30,2 мг $\text{NH}_4/\text{л}$). Нитриты в конце опыта составили 0,14 мг/л. Нитраты не были обнаружены. Фосфата в начале опыта было 3,7 мг/л, а в конце 2,7 мг/л. Растворенный кислород в конце исследования составил всего 2,83 мг/л.

Так, в очищенной жидкости отсутствуют коловратки, наряду с брюхоресничными инфузориями, зооглейными скоплениями бактерий отмечается наличие равноресничных и бесцветных жгутиковых, являющихся показателями загрязненных сточных вод.

Таким образом, судя по результатам данного опыта, можно отметить, что эффект очистки в биологических опытных прудах сточной воды в отсутствие зеленых водорослей ниже, чем в предыдущих опытах.

В четвертую главу диссертации включены результаты наблюдений за эффективностью процесса самоочищения сточных вод в опытных биологических прудах в зимний период (температура колебалась в пределах -2° — $+4^\circ\text{C}$).

Как и в предыдущих опытах, нагрузка составляла 1,5 л/мин, цикл очистки был равен 10 дням. Всего при зимних температурах было проведено 3 опыта. В одном из них сточная жидкость инокулировалась культурой *Chlorella vulgaris*, в другом — *Scenedesmus quadricauda*. Третий опыт был поставлен со смешанной культурой *Chlorella vulgaris* и *Scenedesmus quadricauda*.

В опыте, где в сточную жидкость вносилась культура *Chlorella vulgaris* величина БПК_{полн.} снизилась с 216 до 24,5 мг/л т. е. на 88% (табл. 4). Первоначальное количество клеток *Chlorella vulgaris* в 1 мл прудовой воды составляло 40 — 60 тыс., в конце опыта оно выросло до 400 тыс./мл. Концентрация водородных ионов изменилась (рН) с 7,0 до 8,95. Процесс нитрификации в зимний период был выражен слабее, чем в летний в результате чего образовалось всего 0,05 мг/л нитритов, а нитраты не были обнаружены вовсе. Растворенный кислород определялся всего в количестве 0,5 мг/л.

Микробиологические показатели, как известно, также свидетельствуют о ходе очистки сточной жидкости пруда. Так, коли-титр к концу опыта возрастает с 10^{-5} до 10^{-3} мл, т. е.

в 100 раз. Количество сапрофитов, выросших ^{на МПА} при температуре 37°C, снизилось с 175 тыс/мл до 11 тыс/мл, т. е. в 16 раз или на 93,7%, количество сапрофитов, выросших при 20°C — с 242 тыс. до 8 тыс. мл, т. е. на 96,7%. В воде пруда, как и в летний период, происходит 100% дегельминтизация.

Таблица 4

Показатели, характеризующие эффективность очистки сточных вод в проточном пруду в зимних условиях

Показатели	Поступающая сточная вода					Очищенная сточная вода				
	опыты					опыты				
	1	2	3	4	сред.	1	2	3	4	сред.
БПК _{полн.} , мг O ₂ /л	216	288	200	240	236	24,5	86	28	20	39,9
Снижение БПК _{полн.} , %	—	—	—	—	—	88	74	85	92	85
ХПК нецентрифугированной сточной воды, мг O ₂ /л	397	408	399	430	408	135	199	173	200	177
Снижение ХПК, %	—	—	—	—	—	66	59	57	54	55
ХПК центрифугированной сточной воды, мг O ₂ /л	198	210	208	260	219	80	103	70	105	89
Снижение ХПК центрифугированной сточной воды, %	—	—	—	—	—	59	51	65	60	55
Солевой аммиак, мг NH ₄ /л	32	30	50	29	35	18,5	26	24	21	22
Снижение солевого аммиака, %	—	—	—	—	—	40	14	52	23	32

В опыте, где сточная жидкость инокулировалась культурой *Scenedesmus quadricauda* начальная БПК_{полн.} была равна 200 мг O₂/л. В стоке из пруда (очищенной воде) величина БПК_{полн.} составляла всего 28 мг O₂/л, таким образом, степень БПК_{полн.} была равна 86%. Общее содержание органических веществ ХПК (в нецентрифугированной жидкости) снизилось с 399 до 173 мг O₂/л или на 57%.

Развитие клеток *Scenedesmus quadricauda* происходило довольно интенсивно. Количество их выросло с 82 до 1225 тыс/л мл.

Коли-титр сточной жидкости повысился в 100 раз (с 10⁻⁵ до 10⁻³). При посеве на МПА в начале опыта при температуре термостата 37° и 20°C был выявлен сплошной рост

сапрофитов, а в конце опыта количество их составляло при 37° С — 16, а при 20° С — 22 тыс. в 1 мл. Общее количество микробов, просчитанных методом прямого счета, снизилось с 5,130 тыс. до 2,460 тыс. микробных тел в 1 мл. Как и в летний период, уменьшение количества микроорганизмов обусловлено, по-видимому, не только уменьшением концентрации биогенных элементов, но и бактерицидным действием протококковых водорослей (Р. И. Левина, 1961–1964). В процессе очистки достигается 100% дегельминтизация жидкости.

Количество нитритов в конце опыта составило 0,29 мг/л, наблюдались следы нитратов. Содержание солевого аммиака уменьшилось с 50,0 до 24,0 мг NH₄/л, что составило 52% снижения, количество фосфатов снизилось с 2,55 до 1,70 мг/л Р. Количество растворенного кислорода достигло к концу опыта 2,2 мг/л.

В воде, прошедшей 10 дневный цикл очистки в присутствии *Scenedesmus quadricauda* отмечено наличие организмов — индикаторов для очищенной воды, а именно: зеленых жгутиковых, брехоресничных инфузорий *Vorticella*, *Synura uvella* и даже единичные экземпляры коловраток.

В зимний период также было выяснено влияние смешанной культуры *Chlorella vulgaris* и *Scenedesmus quadricauda* на процесс очистки городской сточной жидкости. Нагрузка из расчета 1 л в минуту, т. е. цикл очистки составлял 15 дней. В течение опыта температура колебалась — 2° — +6° С. До 10-го дня процесс очистки протекал вполне удовлетворительно, БПК_{полн.} снизилось с 240 до 20 мг/л, т. е. на 91,7%. На 15 сутки произошло увеличение БПК_{полн.} до 42 мг/л, это свидетельствует о том, что цикл очистки в 10 дней является вполне достаточным и дальнейшее увеличение его нецелесообразно. При этом происходит отмирание культуры водорослей, связанное с обеднением воды биогенными элементами. Это в свою очередь приводит к увеличению БПК_{полн.} количества микроорганизмов и уменьшению величины коли-титра.

На 10-й день опыта количество клеток *Scenedesmus quadricauda* выросло в воде с 17 до 515 тыс. в 1 мл, т. е. в 31 раз. На 15-ые сутки произошло уменьшение количества водорослей, что также подтверждает, что изменение цикла очистки до 15 дней является нецелесообразным.

Коли-титр в очищенной жидкости вырос с 10⁻⁵ до 10⁻³. Количество сапрофитов, выросших на МПА при температуре 37° С, снизилось на 10-ый день исследования в 36 раз, на 15-ый — по сравнению с первоначальным — всего в 14 раз. Количество сапрофитов, выросших при 20° С снизилось на 10-ый день опыта по сравнению с исходным количеством в 10,5 раз, а на 15-ые сутки произошло их увеличение,

Как и в предыдущих опытах, отмечалась 100% дегельминтизация стоков.

Проведенные опыты для установления эффективности очистки сточных вод в биологических прудах в зимних условиях отличались не только по виду вносимых в пруд водорослей, но и по продолжительности цикла очистки (10—15 суток). Тем не менее достигнутый эффект очистки был очень сходным. Это позволяет при характеристике процессов самоочищения в биологических прудах в зимних условиях пользоваться средними данными, приведенными в таблице 4.

В приведенных данных обращает на себя внимание достаточно высокая эффективность очистки по БПК_{полн.} лишь незначительно уступающая летним наблюдениям.

По средним данным всех зимних опытов, величина БПК_{полн.} снизилась с 236 до 39,9 мг О/л или на 85%. Попутно укажем, что эффективность очистки по БПК_{полн.} в летний период составляла 93%.

Снижение общего содержания органических веществ (ХПК) было несколько ниже, чем в летний период и составляло всего 55% (с 408 до 177 мг О/л).

Более низкой была эффективность снижения в зимний период содержания солевого аммиака, который снизился всего на 32% (с 35 до 22 мг NH₄/л).

Судя по конечной величине коли-титра (10⁻²) эффективность очистки сточных вод от бактериального загрязнения была практически одинаковой как в зимних, так и в летних условиях.

Таким образом, результаты проведенных опытов с достаточной наглядностью показали, что в климатических условиях Азербайджана и в зимних условиях возможна достаточно эффективная очистка сточных вод в биологических прудах при условии некоторого увеличения срока пребывания в них сточных вод.

ВЫВОДЫ

1. Общее количество сапрофитных микроорганизмов в сточной жидкости, поступающей на Бакинскую очистную станцию, колеблется от 5 тыс. до сотен тысяч в 1 мл и выше в промышленных и от 36 тыс. до многих сотен тысяч в хозяйственно-бытовых стоках. Коли-титр в воде промышленных и хозяйственно-бытовых стоков достигает 10⁻⁶. Общее количество микробов, определяемых методом прямого счета, колеблется в пределах от 2 до 6 млн в 1 мл.

2. Микробиологические исследования промышленных сточных вод показали широкое распространение нитрифицирую-

щих бактерий. Сульфатредуцирующие бактерии также распространены, но по отношению к микробам, обуславливающим превращение азота, они занимают второе место.

3. В климатических условиях Апшеронского полуострова в опытных биологических прудах наблюдалось интенсивное развитие планктонных водорослей, в частности, *Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus quadricauda*, которые использовались в качестве агента самоочищения при очистке городских сточных вод в опытных биологических прудах. Максимальное количество клеток *Chlorella vulgaris* в 1 мл составило 6.120.000 и *Scenedesmus quadricauda* 3410 000.

4. Результаты санитарно-бактериологических исследований городских сточных вод, очищенных в опытных биологических прудах, показали, что:

а) коли-титр очищенной сточной воды повышался до 10^{-2} против исходного 10^{-5} и менее мл;

б) выходящая из прудов жидкость очищалась от сапрофитных бактерий в весенне-летний период на 99%, а в зимний на 95%;

в) при очистке городских сточных вод в биологических прудах достигалась 100% дегельминтизация.

5. По средним данным, величина БПК_{полн.} в поступающей на пруды сточной воде была равна 281 мг О/л. Достигнутая в опытах эффективность очистки сточных вод по БПК_{полн.} составляла по средним данным в летний период 93% (предел колебаний 91—94%) и в зимний — 85% (предел колебаний 74—92%).

6. При очистке хозяйственно-бытовых сточных вод в опытном биологическом пруде в летний и весенний периоды констатируется снижение бихроматной окисляемости (ХПК) нецентрифугированной сточной воды с 589 до 183 мг О/л или на 69% и центрифугированной сточной воды с 253 до 93 мг О/л или на 64%. В зимний период ХПК нецентрифугированной сточной воды снижалось с 408 до 177 мг О/л или на 54%, и в центрифугированной сточной воды с 209 до 89 мг О/л или на 55%.

7. При очистке сточных вод в опытных биологических прудах наблюдалось снижение содержания солевого аммиака, достигающее по средним данным 68% в летний и 32% в зимний периоды.

8. Процесс нитрификации при очистке жидкости в опытных биологических прудах начинался на 3—5 день исследований.

9. Количество растворенного кислорода в очищенной воде в опытных биологических прудах достигало 19 мг/л в весенне-летний и 3 мг/л — в осенне-зимний периоды.

10 На основании проведенных экспериментальных работ считаем возможным определить нагрузку сточной воды городской канализации на 1 га биологического пруда (глубина 0,6 м) для условий Апшеронского полуострова по сезонам:

а) в зимний период 550—600 м³/га;

б) в летний » 700—750 »

Нагрузку по БПК_{полн.} следует установить из расчета 120—150 кг/га.

ПО МАТЕРИАЛАМ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ СЛЕДУЮЩИЕ СТАТЬИ:

1. Некоторые результаты по очистке хоз-фекальных вод с использованием хлореллы, Изв. АН Азерб. ССР, сер. биол., 1963, № 5, (совместно с М. В. Гасановым).

2. Изучение санитарно-химических и бактериологических особенностей очистки городских сточных вод в биопрудах. ДАН Азерб. ССР, 1967, № 7.

3. Очистка городских сточных вод в биологических прудах южных районов. Совещание по очистке промышленных сточных вод, М., 1967.

4. Роль хлореллы и сценедесмуса в очистке хозяйственно-бытовых сточных вод г. Баку, Тез. Закав. конференции по спорным растениям, Баку, 1965.

Сдано в набор 27/IX—1968 г. Подписано к печати 8/X—1968 г. Формат
бумаги 60×90. Объем 1,25 п. л. ФГ 09394. Заказ 298. Тираж 200.

Типография АГУ, Баку, Коммунистическая, 6.



Бесплатно

АЗЭРБАЙЖАН ССР ЕЛМЛЭР АКАДЕМИЈАСЫНЫН
ЗООЛОКИЈА ИНСТИТУТУ

Элјазмасы һүгүгунда

Х. А. АБДУЛЛАЈЕВА

БАКЫ ШӘҺЭР МӘИШӘТ ЧИРКАБ СУЛАРЫНЫН
БИОКИМЈЭВИ ҮСУЛЛА БИОЛОЖИ
КӨЛМӘЧЭЛЭРДӘ ТӘМИЗЛӘНМӘСИНИН
ТӘДГИГАТЫ

Биоложи елмлэр намизэди алимлик дэрэчэси алмаг үчүн
тэгдим едилмиш диссертасијанын

АВТОРЕФЕРАТЫ

БАКЫ — 1968