

УДК 628.1 (075.8)

## И.А. ЛУШКИН

кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения  
Тольяттинский государственный университет

## Д.А. СТРЕЛКОВ

соискатель кафедры водоснабжения и водоотведения, главный инженер ООО НПФ «ЭКОС»  
Самарский государственный архитектурно-строительный университет

## М.А. НЕМНОНОВА

аспирант кафедры водоснабжения и водоотведения  
Тольяттинский государственный университет

# ПРОБЛЕМЫ ЗАБОРА И ОЧИСТКИ ВОДЫ ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ИЗ ИСТОЧНИКОВ С ОБИЛЬНОЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ

PROBLEMS OF WATER INTAKE AND TREATMENT FOR WATER-SUPPLY FROM SOURCES WITH MUCH  
AQUATIC VEGETATION

*Рассматривается влияние некоторых видов водорослей на показатели качества воды, а так же факторы, обуславливающие развитие водорослей в водоемах. Доказывается, что наличие водорослей в воде, подаваемой от водозаборов на очистку, вызывает перегрузку очистных сооружений, увеличивает скорости фильтрования, снижает эффект фильтрования, сокращает время фильтроцикла, увеличивает расход реагентов и др. Показаны основные направления борьбы с водорослями при заборе и обработке воды.*

**Ключевые слова:** водоросли, фитопланктон, водоснабжение, очистка воды, забор воды, очистные сооружения, фильтрование, водозаборы, предварительное улучшение качества воды.

Фитопланктон характеризует вездесущее комплексное антропогенное загрязнение поверхностных источников Волжского, Донского, Уральского, Обского и др. бассейнов и присутствием любым источникам территорий мира со среднегодовой температурой воздуха более плюс 4 °С [1].

Наличие водной растительности в поверхностных источниках повсеместно все более существенно осложняет все виды водопользования. Гидробионты, строго говоря, включают не только водоросли, но и животные организмы, бактерии, простейшие. Для водоснабжения наиболее существенно влияние фитопланктона.

Огромное разнообразие в строении (микроскопические, одноклеточные, колониальные, многоклеточные, крупноформатные), способах размножения,

*Influence of some types of algae on the water quality as well as factors causing the algae growth in reservoirs are examined. It is proved that the presence of algae in water supplied from water intakes for treatment causes the overload of treatment plants, increases filtration speed, reduces the effect of filtration, cuts the time of the filtration cycle, increases the amount of used reagents, etc. Basic methods for fighting against algae at water intake and treatment are shown.*

**Keywords:** algae, phytoplankton, water-supply, water treatment, water intake, treatment plants, filtration, water intakes, preliminary improvement of water quality.

окраске и др. исключительно важно для практической гидробиологии и использования водных источников, особенно для водоснабжения. Из нескольких тысяч видов водорослей около 70 вызывают существенные осложнения в заборе и обработке воды, особенно в периоды "цветения".

Вызывают "цветение" наиболее часто: а) сине-зеленые – афанизоменон (до  $20 \times 10^3$  клеток-нитей), анабена (до  $30 \times 10^3$  нитей), микроцистис (до  $5 \times 10^3$  клеток) и др., б) вольвоксовые и протококковые – анкistroдесмус (до  $10 \times 10^6$  клеток), цеденесмус (до  $50 \times 10^3$  клеток); в) диатомовые – мелориза (до  $4 \times 10^3$  клеток); циклотелла (до  $25 \times 10^3$  клеток) и другие виды фитопланктона. Примеры водорослей, вызывающих "цветение" водоисточников, представлены на рис. 1.

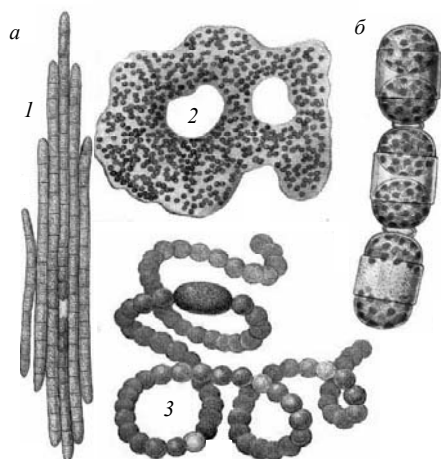


Рис. 1. Примеры водорослей, вызывающих «цветение» водоисточников:  
 а - сине-зеленые:  
 1 - афанизоменон (*Aphanizomenon flos-aquae*);  
 2 - микроцистис (*Microcystis aeruginosa*);  
 3 - анабена (*Anabaena hassalii*);  
 б - диатомовые: мелозира (*Melosira moniliformis*)

Таблица 1

Влияние некоторых видов водорослей на показатели качества воды

Водные организмы	Цвет воды	Запах воды
<b>Актиномицеты:</b> лучистые грибки	Серый	Землистый
<b>Сине-зеленые водоросли:</b>		
афанизоменон	Серовато-зеленый	Травы настурций; при отмирании – затхлый (плесени или сена); при разложении – настурций
<b>Анабена, микроцистис:</b>		
осциллятория	Серовато-зеленый	Тот же
целосфеирум	Серовато-зеленый	Тот же
	Серовато-зеленый	Травянистый прелых овощей
<b>Протококковые:</b>		
анкистродесмус;	Зеленый	Ароматический
<b>Диатомовые:</b>		
астерионелла	Темно-бурый	Землистый (400...800 кл/мл), герани (800...1600 кл/мл), рыбный (свыше 1600 кл/мл)
табеллерия	Темно-бурый	Рыбный
мезолира	Темно-бурый	Рыбный
<b>Жгутиковые:</b>		
синура	Коричневый	Огуречный (5...10 кл/мл) рыбный (свыше 100 кл/мл)
динобрион	Желтый	Фиалки с рыбным
криптомонас	Желтый	Приторно-фиалковый
перединиум	Желтый	Рыбный: устричный
церациум	Желтый	Зловонный
угленопсис	Желтый	Рыбьего жира
малломонас	Желтый	Фиалки, рыбный

“Цветущий” водоем обладает специфически запахом и окраской (табл. 1), токсичными свойствами; гигиенические и технологические качества воды резко ухудшаются.

Развитие водорослей происходит в основном в поверхностных слоях на глубине 2...3 м от поверх-

ности (трофогенный слой), но некоторые виды водорослей (и планктона) развиваются по всей толще воды и в верхнем слое донных отложений. Основой “цветения” воды следует считать наличие в ней биогенных элементов (азот, фосфаты и др.), поступление фитопланктона с водой из малых рек (речек, ручьев,

прудов), развитие планктона в поверхностных водоемах, связанных единой гидрографией, поступление биогенных элементов из донных отложений [1, 3]. Интенсивному процессу "цветения" и развитию водорослей способствует замедление скоростей потока (до 0,3 м/с и ниже), зарегулирование стока водотоков без дамбирования мелководий и др.

Факторы, обуславливающие развитие водорослей, делятся на химические и физические. К химическим относятся соединения азота и фосфора, непосредственно участвующие в построении элементов тела клеток, а также железо, кремний, микроэлементы, калий и кальций – элементы, управляющие процессами развития. К физическим факторам относятся свет, температура (рис. 2), оптические свойства воды (мутность, цветность, характер донных отложений), динамика водных масс. В группе химических элементов солевого питания наиболее значимо содержание азота (во всех пяти формах). Наиболее требовательны к азоту сине-зеленые; а из зеленых – протококковые водоросли; менее нуждается в нем группа диатомовых водорослей.

Одна и та же водоросль в зависимости от физиологического состояния может потреблять различные количества азота. Так, оптимальная доза нитратного азота для диатомовых водорослей составляет 0,01...0,04 (до 0,4) мг/л, а для сине-зеленых – 0,6...2 мг/л. Так, современный уровень загрязнения источников Волжского бассейна столь велик, что во многом ре-

жим их самоочищения близок к режиму биологических прудов, обеспечивающих доочистку сточных вод. Гидробионты (в том числе планктон) во многом обеспечивают экологическое восстановление биоценозов источника [4...6]. Процессы взаимодействия бактериальных загрязнений и водорослей в источниках весьма сложны. В придонных слоях и в донных отложениях в зависимости от глубин и перемешивания (течением, волнением и др.) происходят бактериальные процессы разложения органических веществ в аэробных или анаэробных условиях. В верхних слоях воды на глубину проникновения света преобладают процессы фотосинтеза с выделением кислорода и образованием нового органического вещества, составляющего биомассу водорослей (планктона). Благоприятное развитие водорослей и бактерий имеют место на начальных этапах самоочищения воды. К концу этого процесса сменяется антагонизм. Сильное развитие водорослей сопровождается быстрым отмиранием бактерий и, в первую очередь, патогенных. Положительной стороной разделения сфер действия бактерий и водорослей в придонных и верхних слоях является то, что даже в заиленных и весьма загрязненных водоисточниках с выраженными анаэробными процессами в придонных слоях не выделяются в атмосферу неприятные запахи, ибо газообразные продукты анаэробного процесса распада осадка окисляются в верхней зоне, насыщенной кислородом.

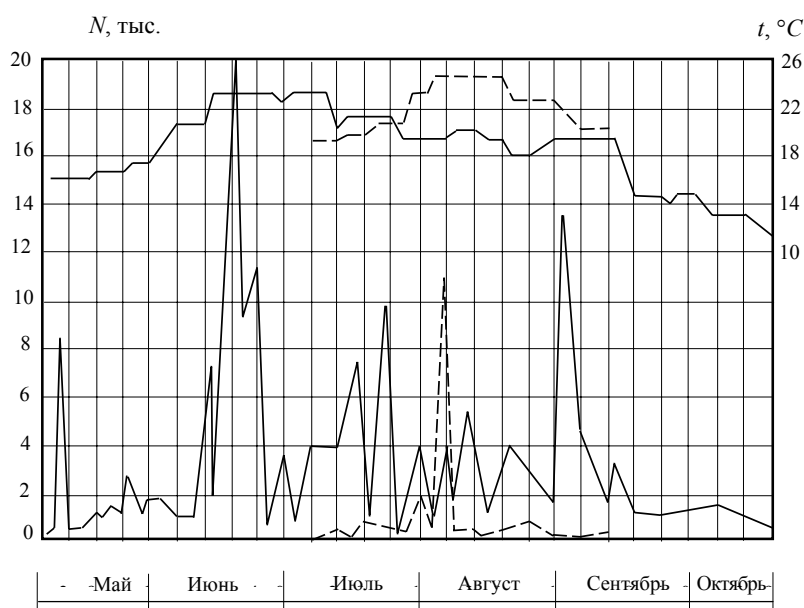


Рис. 2. Изменение содержание фитопланктона при изменении температуры воды на примере Сурского водохранилища:  
— — в 1989 г.; - - - - в 2008 г.

В 70-е гг. XX в. при все возрастающем сбросе и накоплении биогенных веществ в источниках, преобразовании гидрографической сети (регулирование и переброска стока рек и др.) интенсифицировали процессы фитозагрязнений не только в водоемах, но и в водотоках [6] и каналах [7], т.е. при наличии значительных (0,7...1,0 м/с) скоростей. Установлено [8], хотя и не получило признания и соответствующего

учета у технологов водоснабжения, что в составе перемещаемого реками твердого стока фитопланктон и водоросли, равно как и продукты их распада, составляют от 7 % (зима) до 20...25 % (летом). Должна учитываться в балансе твердого стока рек существенная доля планктона и водорослей в отложениях дна, берегов и общего твердого стока (наносов) рек, т.е. формирование верхнего слоя аллювия (табл. 2).

Таблица 2

Ориентировочный седиментационный баланс водохранилищ Волжского бассейна по В.М. Широкову [8]

Основные составляющие	Млн м <sup>3</sup>	% от суммы
Сток наносов рек	300...400	20,0...22,9
Сток от размыва берегов	1000...1100	66,3...61,7
Размыв дна	150...200	10,0...11,2
Продукция планктона, водорослей и их распада	50...75	3,3...4,2
Итого	1500...1795	100

Картина роли планктона и водорослей в русловом процессе, в формировании режима наносов, особенно в условиях забора и обработки воды из водохранилищ и рек (каналов), должна дополняться данными конкретных бассейнов, источников и створов в сопоставлении с требованиями конкретных водопотребителей.

Наличие планктона, особенно "цветение" воды создает большие затруднения при заборе и очистке воды как в хозяйственно-питьевом, так и техническом водоснабжении. Портятся вкусовые и технологические качества воды, особенно в водохранилищах. Затруднения и удорожания забора и обработки воды от водорослей возникают практически в любых поверхностных источниках, в различных природно-гидрологических условиях, в том числе в реках и каналах. Интенсивное развитие в водоемах водорослей в последние 15-25 лет создает помехи в приеме и обработке воды подавляющему большинству систем водоснабжения мира, использующих поверхностные воды. Причем эти помехи возрастают во времени и географически, коснувшись всех материков мира и большинства стран с интенсивным водопотреблением, при недостаточности (либо отсутствии) очистки сбрасываемых стоков в водоемы.

Наличие водорослей в воде, подаваемой от водозаборов на очистку, вызывает перегрузку очистных сооружений, увеличивает скорости фильтрования, снижает эффект фильтрования, сокращает время фильтроцикла, увеличивает расход реагентов и др. Нарушение прозрачности воды вызывает массовое развитие групп планктонных организмов. Привкусы

и запахи обусловлены наличием живых водорослей или смеси с продуктами их разложения. Придают неприятные привкусы и запахи воде в поверхностных источниках хлорфенолы, ди- и трихлорфенолы, актиномицеты, железобактерии и продукты распада планктона. Токсичность воды вызывают метаболиты, выделяемые некоторыми водорослями, особенно сине-зелеными. При фотосинтезе во время роста водорослей происходит увеличение рН воды и сопутствующее биогенное обескальциевание.

При заборе и обработке воды, богатой фито- и зоопланктоном, возникают сложности. Традиционные технологии и сооружения, основанные на открытом водоотборе с последующим отстаиванием, фильтрацией, не могут быть использованы из-за быстрого коагулятажа фильтров планктоном, нарушениями процессов осаждения, хлопьеобразования, обеззараживания. При хлорировании водоросли становятся основной причиной образования хлорорганических соединений (тригалометанов до  $30 \times 10^{-3}$  г/мг сухой массы водорослей), других хлороформ.

Поэтому все более актуальной становится проблема совершенствования технологий водоприема и обработки воды из поверхностных источников, содержащих планктон (водоросли), являющихся по существу комплексным выражением антропогенного загрязнения. Сложилось три направления борьбы с водорослями при заборе и обработке воды:

1) максимальное изъятие водорослей (планктона) из воды источников непосредственно на водозаборах и на начальных стадиях обработки до поступления на блоки очистки;

2) максимальное устранение водорослей из автаторий водоотбора, устранение причин их развития посредством реагентов, создание условий, препятствующих росту и распространению планктона и др.;

3) замена традиционных методов забора и очистки более соответствующими целям недопущения (удаления, сокращения) водорослей (планктона): сочетание флотации с традиционными отстаиванием, отстаиванием в тонком слое, фильтрованием, предфильтрация, оптимизация процессов хлопьеобразования и осаждения, использование сорбции, биосорбции и др. [9].

Для предварительной обработки воды, содержащей большое количество планктона и водорослей (до 70 тыс. клеток в 1 мл воды), используют микрофильтрацию, исключающую нарушение нормальной работы очистных сооружений (снижение их производительности, увеличение расходов воды на собственные нужды станций, сокращение фильтроциклов, перерасход реагентов, усложнение всей технологии водообработки). Микрофильтрация осуществляется на многих станциях водообработки, применяются разнообразные типы сетчатых установок (сетчатые фильтры, микрофильтры, напорные микрофильтры и др.).

Четких зависимостей влияния содержания планктона на работу сооружений водообработки и себестоимость получаемой воды выявить оказалось сложным из-за периодичности проявления "цветения" воды, и принимаемые эксплуатационные меры борьбы с ним могут рассматриваться лишь как меры в каждом конкретном случае.

Признано в мировой практике, что важным и неотъемлемым этапом подготовки питьевой и технической воды к обработке и использованию является предварительное улучшение ее качества непосредственно на поверхностных источниках, на водозаборных сооружениях и на установках водоочистки перед основными сооружениями очистных станций. Водозаборные сооружения призваны сократить (исключить) поступление планктона (водорослей) на очистные сооружения. Появились всевозможные технологии забора воды и конструктивные решения, в различной мере соответствующие этой задаче [10].

Задача задержания планктона (водорослей, иной взвеси) на водозаборе до поступления в технологическую цепь водообработки достаточно определилась и получила в разной мере конструктивно-технологическое решение. Ряд решений (микрофильтрация, префильтры, флотация, гидроциклоны) в составе очистных станций лишь

усложняют их из-за громоздкости, сложной регенерации. Эффективность их составляет от 20 до 70 %. Преимущество и целесообразность их применения должны в конкретных условиях обосновываться дополнительно. В то же время практика забора воды и предочистки ее успешно решается в различных природно-гидрологических и эксплуатационно-технологических условиях использованием технологий фильтрующего водоприема. Фильтрующий водоприем (работы А.А. Сурина с 1882 г.) доказал возможность создания широкого круга технологических решений и конструктивных решений водозаборно-очистных сооружений, превращающих их в комплексы забора и очистки воды нового типа. Подобных сооружений в РФ и СНГ к настоящему времени эксплуатируется до 4200 в различных природно-климатических условиях [10].

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гапочка, Л.Д. Об адаптации водорослей [Текст] / Л.Д. Гапочка. – М.: МГУ, 1981. – 80 с.
2. Кузьменко, М.И. Миксотрофизм синезеленых водорослей и его экологическое значение [Текст] / М.И. Кузьменко. – Киев: Наукова думка, 1981. – 211 с.
3. Санитарная и техническая гидробиология [Текст]. – М.: Наука, 1967.
4. Ветрова, З.И. Роль гидробионтов в доочистке сточных вод в биологических прудах [Текст] / З.И. Ветрова, В.У. Ветров // Сб. ЦНИИКИВР. – Кишинев, 1990. – С. 89-113.
5. Приймаченко, А.Д. Течение как фактор, определяющий развитие фитопланктона в водотоках [Текст] / А.Д. Приймаченко // Первичная продукция морей и внутренних вод. – Минск, 1961.
6. Образовский, А.С. Гидравлика водоприемных ковшей [Текст] / А.С. Образовский. – М.: Стройиздат, 1962. – 195 с.
7. Латышенков, А.М. Каналы систем водоснабжения и ирригации [Текст] / А.М. Латышенков. – М.: Стройиздат, 1972. – 153 с.
8. Широков, В.М. Конструктивная география рек: основы преобразования и природопользования [Текст] / В.М. Широков. – Минск: Университетское, 1985. – 192 с.
9. Лушкин, И.А. Исследования фильтрующего водоприема из источников с обильной водной растительностью [Текст] : дис. ... канд. техн. наук / И.А. Лушкин. – Пенза, 1999. – 201с.
10. Шевелев, Ф.А. Водоснабжение больших городов мира [Текст] / Ф.А. Шевелев, Г.А. Орлов. – М.: Стройиздат, 1987. – 326 с.

© Лушкин И.А., Стрелков Д.А.,  
Немнонова М.А., 2012