

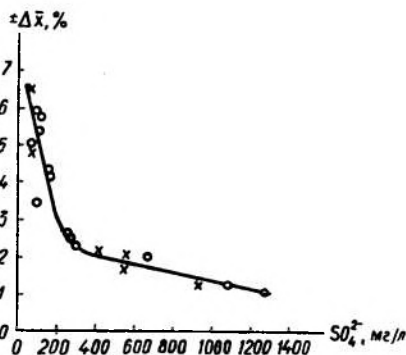
Объемный и весовой методы определения сравнивали путем статистической обработки результатов анализа 34 проб природной воды с содержанием сульфат-ионов 23,2 — 1354 мг/л.

При расчете средней квадратичной ошибки (в %) по формуле (2) результаты весовых определений принимали за $\bar{x}=100\%$, результаты объемных определений — за x_i (в % к \bar{x}).

В результате для $n=34$, $t=2,04$ и $P=0,95$ получены значения средней квадратичной ошибки $S=4,0\%$ и средней относительной ошибки (довери-

Зависимость средней относительной ошибки (доверительного интервала) от концентрации SO_4^{2-} в природных водах:

о — воспроизводимость результатов определения в пробах неизвестного состава; х — точность определения, найденная методом добавок.



тельного интервала) $\Delta\bar{x} — \pm 1,4\%$. Таким образом, объемный и весовой методы определения SO_4^{2-} в природных водах дают практически одинаковые результаты.

Полученные данные позволяют рекомендовать объемный метод с применением органилового К в качестве индикатора для массового определения сульфат-ионов в природных водах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акимова Т. Г., Дедкова В. П., Саввин С. Б. 1969. В сб.: «Примен. орган. реагентов в химико-аналит. контр. кач. мат-лов», 2, Московский дом научно-технической пропаганды.
2. Доерфель К. 1969. Статистика в аналитической химии. Изд-во «Мир».
3. Каралова З. К., Шибаева Н. П. 1964. Определение микроколичеств ионов сульфата в высокочистой воде. «Ж. аналит. хим.», 17, 253.
4. Саввин С. Б., Дедкова В. П., Акимова Т. Г. 1967. Сравнительно-аналитическая характеристика некоторых реагентов на барий и сульфат-ионы. «Тр. Комисс. по аналит. хим.», 17, 322.
5. Саввин С. Б., Акимова Т. Г., Дедкова В. П. 1971. Определение сульфат-ионов в природных и промышленных водах с различными индикаторами. В кн.: «Орган. реагенты для опред. Ba^{2+} и SO_4^{2-} ».
6. Саввин С. Б., Дедков Ю. М., Макарова В. П. 1962. Новые металлоиндикаторы для ионов бария. «Ж. анал. хим.», 17, 43.

Поступила 1.VI 1971 г.

УДК 577.472:582.232

РАСЧЕТ СГУЩЕНИЯ БИОМАССЫ СИНЕЗЕЛЕННЫХ ВОДОРОСЛЕЙ ПРИ ОТСТАИВАНИИ

И. И. КАЛАНТЫРЕНКО

(Украинский н.-и. институт гидротехники и мелиорации, Киев)

В связи с проблемой «цветения» воды в водохранилищах, обусловленного массовым размножением синезеленых водорослей, интерес представляет вопрос изъятия из водоемов и сгущения водорослевой массы. Последнее необходимо для улучшения санитарного состояния

водоема (особенно в прибрежной полосе вблизи водозаборов, портов, мест отдыха), а также для получения органического вещества водорослей с целью последующей его утилизации.

Один из реальных с технической точки зрения способов получения водорослевой массы состоит в сборе концентрированных масс их в «пятнах цветения» плавучими насосными установками. Последние оборудованы всасывающими устройствами специальной конструкции [4], которые позволяют собирать и перекачивать только верхний, наиболее насыщенный водорослями слой воды.

В районе прибрежного мелководья, особенно в заливах, водоросли можно собирать береговыми насосами с обычным донным заборником. Помещенный в небольшом углублении у берега, он стягивает поверхностный слой водорослевой массы.

На практике высоту поверхностного слоя приходится ограничивать 8—10 см, чтобы избежать проникания воздуха во всасывающую линию насоса.

Опыты по сбору водорослевой массы выполнены нами летом 1966 г. на Тясминской экспериментальной базе Института гидробиологии АН УССР во время работы в составе экспедиционного отряда Института гидромеханики АН УССР. Производительность насоса на плавучей установке (марка С-665) 120 м³/час на береговой (С-774) — 50 м³/час.

Концентрация биомассы в перекачиваемой насосом воде чаще всего составляла 4—6 кг/т, а при штилевой погоде в больших скоплениях водорослей достигала 8—9 кг сухого вещества водорослей на 1 т водно-водорослевой смеси. (В подавляющем большинстве случаев значения концентрации в кг/т численно совпадают с выраженной в кг/м³.) При брожении верхнего водорослевого слоя его объемный вес уменьшается приблизительно до 0,8 т/м³, в этом случае концентрация 1 кг/т отвечает 0,8 кг/м³.

Для дальнейшего увеличения концентрации водорослей до 30—40 кг/т водно-водорослевую смесь отстаивали. В процессе отстаивания водоросли обычно всплывали, образуя на поверхности слой более концентрированной биомассы. Через некоторое время нижний слой осветленной воды из отстойника сбрасывали или откачивали насосом обратно в водохранилище; слой водорослей при этом оседал на дно отстойника.

В наших опытах глубина наполнения отстойников составляла 0,6—1,5 м.

При начальной концентрации биомассы в водно-водорослевой смеси до 5 кг/т водоросли сразу всплывали на поверхность, образуя здесь слой более концентрированной биомассы; толщина его при отстаивании постепенно увеличивалась.

При начальной концентрации водорослей свыше 5 кг/т в процессе отстаивания происходило как бы уплотнение или сгущение всего водорослевого слоя. В этом случае внизу у дна отстойника значительно медленнее появлялся осветленный тонкий слой воды. С течением времени толщина его увеличивалась при одновременном повышении концентрации биомассы в верхнем слое.

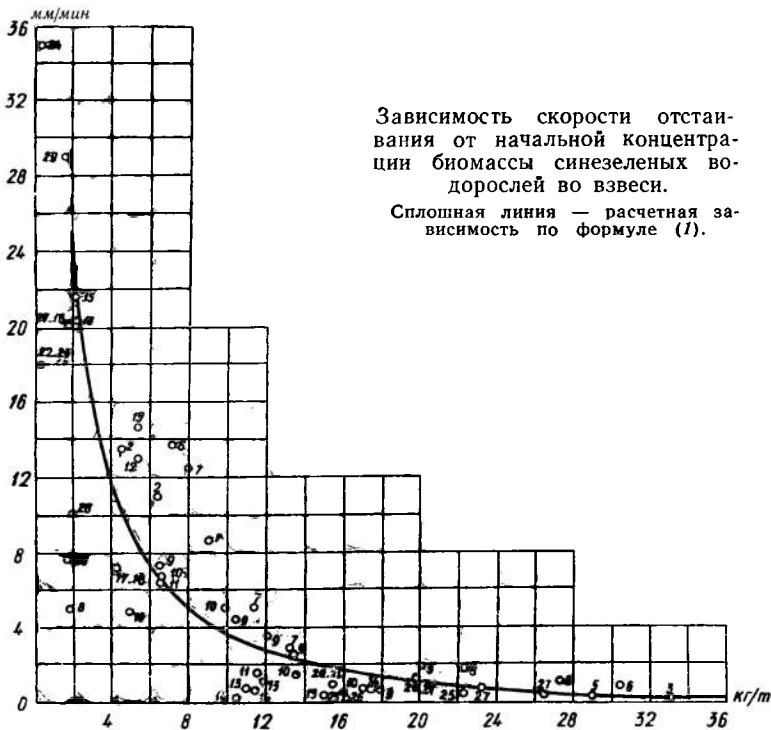
В первом случае сгущение биомассы происходит за счет самостоятельного всплывания частиц водорослевой взвеси. Во втором — в связи с увеличением объемной концентрации взвеси; и здесь движение частиц уже следует рассматривать как стесненное*. В последнем случае происходит частичное агрегирование водорослей.

* Влияние стеснения потока на движение частиц взвеси заметно при объемной концентрации взвеси свыше 0,5—1,0% [4].

Скорость отстаивания в том и другом случаях рассчитывают по формуле, выведенной из результатов опытов (рисунок):

$$\omega = \frac{50}{C} - 1,2, \quad (1)$$

где W — скорость отстаивания, мм/мин; C — концентрация биомассы, кг/т; 50 и 1,2 — размерные коэффициенты. Размерность первого из них $\frac{кг}{т} \cdot \frac{мм}{мин}$ равна произведению концентрации водорослей на скорость их отстаивания, размерность второго — скорость, мм/мин,



За скорость отстаивания в опытах принимали: при первой форме отстаивания — частное от деления глубины наполнения отстойника на продолжительность периода от начала отстаивания до момента, после которого толщина слоя всплывших водорослей уже больше не увеличивалась; при второй форме — скорость перемещения вверх границы раздела между слоями водорослевой массы и осветленной воды. За начало отстаивания принимали момент прекращения подачи в отстойник водно-водорослевой смеси.

Из формулы (1) видно, что при концентрации биомассы около 40 кг/т скорость отстаивания уменьшается практически до нуля. Это значит, что путем естественного отстаивания нельзя получить концентрацию биомассы выше 40 кг/т. В действительности более высокой концентрации биомассы не удавалось получить не только в опытах по сгущению, но и при отборе проб наиболее концентрированных водорослей из нагонных масс на водохранилище.

Расчет времени отстаивания водно-водорослевой смеси удобно выполнять по этапам, принимая для каждого этапа отдельно значение начальной и конечной концентраций биомассы в слое. Расчет на каждом этапе можно вести по средней скорости $\omega_{ср}$.

Примем следующие обозначения: C_i ; C_{i+1} — концентрация биомассы в начале и в конце i -го этапа, $кг/т$; H_i ; H_{i+1} — толщина слоя водно-водорослевой смеси в начале и в конце i -го этапа, $мм$; h_{ip} — расчетная глубина отстаивания за i -й этап ($мм$), равная разности $H_i - H_{i+1}$; t_i — время отстаивания на i -м этапе, $мин$.

Между H_i и H_{i+1} существует следующая зависимость:

$$H_{i+1} = H_i \cdot \frac{C_i}{C_{i+1}}. \quad (2)$$

С учетом этого

$$h_{ip} = H_i - H_{i+1} = H_i \left(1 - \frac{C_i}{C_{i+1}} \right) = H_i \frac{C_{i+1} - C_i}{C_{i+1}} \quad (3)$$

и

$$t_i = \frac{h_{ip}}{\omega_{cp}} = \frac{H_i}{\omega_{cp}} \cdot \frac{C_{i+1} - C_i}{C_{i+1}} \text{ мин.} \quad (4)$$

Все расчеты удобно вести в форме таблицы. Для иллюстрации изложенного рассмотрим пример расчета.

Пусть начальная концентрация биомассы водорослей равна $5 кг/т$, глубина наполнения отстойника $1,0 м$. Необходимо найти продолжительность времени отстаивания для сгущения водорослей до концентрации $C_k = 25 кг/т$. (Ход расчета и полученные результаты приведены в таблице.)

При расчетах среднюю за этап скорость отстаивания можно принимать по формуле:

$$\omega_{cp} = 0,5(\omega_i + \omega_{i+1}), \quad (5)$$

где ω_i , ω_{i+1} — скорость отстаивания в начале и в конце этапа. Расчет несколько упрощается, если, как это принято и в примере, скорость ω_{cp} находить по формуле (1) для средней концентрации C_{cp} :

$$\omega_{cp} = \frac{50}{C_{cp}} - 1,2 = \frac{50}{0,5(C_i + C_{i+1})} - 1,2. \quad (6)$$

Пример расчета продолжительности отстаивания водорослей для их сгущения до определенной концентрации

Показатели	Этапы			
	1-й	2-й	3-й	4-й
Концентрация водорослей, $кг/т$				
начальная (C_i)	5	10	15	20
конечная (C_{i+1})	10	15	20	25
средняя — $0,5(C_i + C_{i+1})$	7,5	12,5	17,5	22,5
Скорость отстаивания (ω_{cp}) — по формуле (1), $мм/мин$	5,5	2,8	1,65	1,0
Толщина слоя водно-водорослевой смеси, $мм$				
начальная (H_i)	1000	500	333	250
конечная (H_{i+1}) — по формуле (2)	500	333	250	200
Глубина отстаивания (h_{ip}), $мм$	500	167	83	50
Продолжительность отстаивания (t_i), $мин$	91	59	50	50
Время от начала отстаивания, $мин$	91	150	200	250

Расчет с использованием формулы (5) дает несколько заниженные, с использованием формулы (6) — завышенные результаты. С увеличением числа этапов результаты сближаются. Это обстоятельство можно использовать для контроля при выборе числа этапов: если расхождение между результатами превышает 8—10%, число этапов целесообразно увеличить. Чаще всего четырех-пяти этапов расчета бывает достаточно.

Для рассмотренного нами примера при числе этапов 3, 4, 5 и 6 результат расчета равен соответственно: при использовании формулы (6) — 258, 250, 248 и 245 мин, при использовании формулы (5) — 233, 233, 234 и 240 мин.

К изложенному необходимо сделать следующие замечания.

Первое из них касается отстаивания загнивающей водорослевой массы, которая не всплывает на поверхность, а оседает на дно отстаивника. В некоторых опытах можно было наблюдать, что при отстаивании часть водорослей всплывала наверх, другая (в основном перегнившие водоросли) — оседала на дно.

Во встречающихся на плаву нагонных массах преобладающая часть водорослей находится на начальной стадии отмирания. Это можно объяснить тем, что в водохранилищах всплывшие «поля водорослей» почти постоянно перерабатываются ветром, что ведет к естественному отделению и осаждению гниющих водорослей. При штилевой погоде последние некоторое время удерживаются на плаву благодаря пористой структуре слоя биомассы и образовавшейся сверху корке. В этих случаях возможен забор их насосом.

Признаком наличия гниющих водорослей в перекачиваемой насосом водно-водорослевой смеси может быть синеватый оттенок воды, подкрашенной выделяющимися при разрушении клеток водорослей пигментами.

Второе замечание касается отстаивания водно-водорослевой смеси с начальной концентрацией менее 5 кг/т (первая форма отстаивания). В этих случаях отстаивание зачастую оказывается неполным, т. е. под слоем всплывшей массы остается часть водорослей в планктонной форме. Концентрация во взвеси невелика: не более 0,2—0,3 кг/т.

Определенный интерес представляют, на наш взгляд, материалы по влиянию коагулянтов на скорость отстаивания. Дозировку коагулянта (сернокислого алюминия) осуществляли по рекомендациям Л. А. Кульского и др. [2]. Результаты опытов показывают, что сокращение сроков отстаивания в два-три раза в связи с внесением коагулянта возможно при первой форме отстаивания, т. е. при начальной концентрации водорослей не более 5 кг/т. При более высокой начальной концентрации водорослей скорость отстаивания от внесения коагулянта не изменялась.

При решении вопроса о применении коагулянтов с целью ускорения отстаивания, особенно при заготовке сестона, необходимо учитывать также то обстоятельство, что все внесенное количество $Al_2(SO_4)_3$ остается в водорослевой массе.

Из выполненных нами [3] опытов по изысканию других способов сгущения биомассы здесь можно упомянуть фильтрование водно-водорослевой смеси через песчаные и тканевые фильтры. С точки зрения использования фильтрации для сгущения синезеленых водорослей они дали отрицательный результат.

В заключение скажем несколько слов о возможности перекачивания биомассы синезеленых водорослей насосами.

В своих опытах мы использовали самовсасывающие центробежные насосы марок С-665 и С-774 и отметили их устойчивую работу по

перекачиванию водно-водорослевой смеси в концентрации до 8—9 кг/т*.

Для перекачивания водорослевых масс, кроме самовсасывающих, можно использовать и другие типы насосов низкого напора, предназначенных для перекачивания взвешенных веществ.

После сгущения водоросли имеют вид пастообразной пористой массы. Транспортирование такой массы центробежными насосами неосуществимо. После перегнивания водорослевая масса снова приобретает свойства жидкости, которую можно перекачивать насосами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калантыренко И. И., Сухоруков П. А. 1968. Исследование процессов осаждения и фильтрации «цветущих» водорослей на песчаных грунтах. В сб.: «Цветение» воды», изд-во «Наукова думка», К.
2. Кульский Л. А., Данилевская И. П., Ткаченко М. С., Зайцев Н. А. 1968. Экспериментальная разработка метода удаления синезеленых водорослей из планктона при помощи минеральных коагулянтов. Там же.
3. Миц Д. М. 1964. Теоретические основы технологии очистки воды. Стройиздат, М.
4. Силин Н. А., Карасик В. М. 1968. Всасывающее устройство для механического сбора поверхностного слоя синезеленых водорослей. В сб.: «Цветение» воды», изд-во «Наукова думка», К.

Поступила 13.I 1972 г.

УДК 576.8

МИКРОАКВАРИУМ-ФИЛЬТРАТОР ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПРОБ МИКРОПЛАНКТОНА

В. М. КАПЛИН

(Биолого-географический н.-и. институт при Иркутском госуниверситете)

Обработка проб живого планктона сопряжена со значительными трудностями, особенно в отношении достаточно полного количественного и качественного анализа. Существующий поэтапный метод обработки (фильтрация, перенос концентрата в счетные камеры и т. д.) приводит к значительным потерям и большой затрате труда и времени [1]. В существующих типах фильтраторов отсутствует возможность визуального контроля режима фильтрации, в результате чего травмируется и гибнет значительная часть гидробионтов, особенно инфузории и перидинеи. При переносе концентрата в счетные камеры, микроаквариумы и т. д. часто теряются редкие виды, происходит механическое и тепловое травмирование, потеря на фильтре, стенках фильтратора.

Автором сконструирован и применен впервые весной 1970 г. при исследовании планктона пелагиали Байкала микроаквариум-фильтратор, свободный от указанных выше недостатков [2]. Устройство прибора показано на чертеже (см. рисунок *a—д*). По технологическим соображениям корпус со штуцером (см. рисунок, *в — 5*) и камера со штуцером, (*г—3*) изготовлены из органического стекла, однако возможно исполнение их в металле. Глубина камеры задается с учетом размеров гидробионтов в обрабатываемых пробах и рабочего расстояния применяемого объектива микроскопа. При работе с микроскопом МБС-2

* Однако в этом случае запуск насосов необходимо было производить на относительно чистой воде во избежание вспенивания, нарушающего процесс самовсасывания. В связи с этим при установке насосов рекомендуем размещать их так, чтобы высота всасывания не превышала 1,0 м.