

УДК 502/504: 551.481+557.472

Т. Н. КАЗМИРУК, В. Д. КАЗМИРУК

Институт водных проблем РАН

РЕКОНСТРУКЦИЯ ЗАРАСТАЮЩИХ И ЗАБОЛАЧИВАЮЩИХСЯ ВОДОЕМОВ

Влияние обустройства мелководий водоемов на гидрохимические показатели водных масс исследовано гидромеханическим способом. Выделены два этапа формирования гидрохимического режима на мелководьях: во время производства работ и после их завершения. Установлено, что через два месяца после расчистки сплавин и зарослей наблюдается стабилизация гидрохимического режима, который начинает приближаться к режиму на чистоводе. Эффективность работ всецело зависит от созданного в результате расчистки гидродинамического режима.

Восстановление окружающей среды, высшая водная растительность, гидрохимический режим.

The effect of shallow clearing through deposition on the hydrochemical characteristics of water masses was studied. Two hydrochemical regimes of shallow water were singled out: that of the period of ameliorative work and that after its completion. It is determined that within two months after the quaking bogs and thickets were cleared, their hydrochemical regime became stable, approaching that in clear water. Examination of the shallows previously cleared shows that the efficacy of clearing should be assessed by the regenerated hydrodynamical regime.

Environmental recovery, aquatic vascular plants, hydrochemical regime.

В последние десятилетия происходит интенсивное зарастание, заиление и заболачивание многих рек и водоемов. Особенно остро эта проблема появляется при поддержании водных объектов в состоянии, пригодном для хозяйственного использования. В густых зарослях тростника и рогоза заиление происходит в 2–5 раз интенсивнее, чем на незаросших участках. В этих условиях снижается интенсивность фотосинтеза, что вместе с поглощением кислорода в темное время создает его дефицит и затрудняет минерализацию органического вещества. Вследствие недостатка кислорода тормозится или вовсе отсутствует окисление аммонийного азота до нитритов и нитратов.

Накопление в воде продуктов метаболизма приводит к раннему угнетению и разложению макрофитов, что может вызвать летние заморы рыбы. Разложение и гниение органического вещества в свою очередь снижает рН воды, что усиливает растворимость и подвижность металлов, их десорбцию из

донных отложений. Кроме того, усиливается поступление из донных отложений фосфора, подавляется деятельность аэробной микрофлоры, ускоряется процесс заболачивания. Происходит не только снижение качества воды и падение биологической продуктивности водоема, но и потеря рыбохозяйственного значения зарослей: густые заросли полупогруженных растений непригодны в качестве нерестилищ и мест нагула рыб. Увеличение биомассы макрофитов до 2... 3 кг/м² приводит к угнетению зоопланктона [1]. На зарастающих участках зачастую создается неблагоприятная паразитологическая ситуация из-за развития ряда моллюсков, являющихся промежуточными хозяевами многих паразитов рыб, наземных животных и человека.

Опыт проведения работ по реконструкции зарастающих и заболачивающихся водоемов показывает, что для улучшения качества воды необходимо поэтапно производить расчистку и углубление локальных зон с учетом

конкретных задач мелиорации прибрежных участков и возможностей утилизации извлекаемого материала. Это мероприятие в итоге должно быть направлено на удаление основных очагов заболачивания и сплавинообразования.

Улучшение экологического состояния водоемов, особенно озер, путем очистки их ложа от илистых отложений в комплексе с использованием добытого сапропеля на удобрение получает широкое распространение. Такие мероприятия проводятся на озерах Белое и Мартыновское в Рязанской области, на озере Меленка и еще пяти озерах в Псковской области, на озерах Несвиж и Дикое в Минской области. Дноуглубление озер с водоохранной целью хорошо зарекомендовало себя на шведском озере Труммен и китайском озере Дианшан [2, 3].

Расчистка и углубление зарастающих мелководий помогают решить следующие задачи: 1) улучшить качество воды путем изъятия части органических илов и сплавин; 2) обеспечить условия для ската рыбы с мелководий в более глубокие участки акватории; 3) ликвидировать заболоченные участки, прилегающие к мелководьям; 4) улучшить ландшафт прилегающих к мелководьям территорий; 5) добывать и использовать органический ил.

Оптимальной схемой расположения расчищаемых участков на больших водоемах является чередование площадных расчисток и проточных соединительных каналов с уклоном дна в сторону наиболее глубокого места. Каналы-прорези имеют трапециидальное живое сечение с шириной по дну не менее 15 м (обычно 40...80 м).

Местоположение участков для расчистки выбирается с учетом максимального использования мелководий, улучшения мест обитания водной фауны, нерестилищ, ликвидации застойных зон и создания специальных прорезей для обеспечения ската рыбы в зимний период. Для предупреждения зарастания глубина прорезей должна быть не менее 3 м.

Начало работ по расчистке и обустройству мелководий обуславливается временем окончания нереста рыб и достижения жизнестойкости молоди.

Обычно работы проводят в три этапа: 1) расчистка территории под устройство отвалов и карт намыва от кустарника и мелкокося, отсыпка дамб обвалования, устройство водосбросных колодцев и системы для сброса осветленной воды; 2) снятие верхнего торфяно-сплавинного слоя с высшей водной растительностью, кустарником и мелкокосяем и укладка вынутой массы на прибрежной территории; 3) расчистка подводной части мелководья при помощи земснарядов типа ЗРС-Г или аналогичных.

Снятие верхнего слоя сплавины необходимо для предотвращения забивания механизмов земснаряда растительностью. Такие работы проводят грейферным способом с помощью плавучего крана типа КПЛ-5-30 или экскаватора Э-304, установленного на понтоне и оборудованного грейфером.

Основные работы выполняются гидромеханическим способом. Этот способ имеет ряд преимуществ: расчистку можно вести практически при любой глубине воды; в одном технологическом цикле сочетаются добыча, транспортирование и укладка пульпы на берегу. Кроме того, гидротранспортирование пульпы возможно на большие расстояния (десятки километров).

Еще одним способом транспортировки добываемой массы является перевозка баржами. Разгрузка барж осуществляется грейферным экскаватором или насосной установкой (в самосвалы).

Технология укладки извлеченного материала зависит от конкретных задач мелиорации мелководий, от вида извлекаемого материала и от ситуации в прибрежной зоне. Применяются следующие технологические схемы: 1) укладка извлекаемого минерального грунта на подтопленные и заболоченные участки с целью повышения их отметок и благоустройства; 2) укладка

органоминерального материала на гидроотвал с целью дальнейшей его рекультивации; 3) укладка торфяно-сплавинного материала в отстойники с целью дальнейшего использования в качестве удобрений, в первую очередь для рекультивации малопродуктивных земель и гидроотвалов.

Для улучшения ландшафта прибрежной зоны, а также для рекультивации малопродуктивных почв и гидроотвалов возможно применение способа намыва на спланированную поверхность донных отложений и сплавин. Заболоченные участки в зимний период предварительно одамбовываются. Замыв осуществляется сосредоточенным способом с повышенных отметок рельефа. Отвалы и отстойники организуются на неиспользуемых малопродуктивных землях или заболоченных участках прибрежной территории, обладающих высокой фильтрационной способностью.

По окончании мелиоративных работ и выемки органических грунтов отстойники обычно замыкают минеральным грунтом с последующей планировкой, залужением и благоустройством береговой полосы.

Из условия осветления сбрасываемой воды до санитарных норм отвалы грунта и отстойники разбиваются на карты намыва и ограждаются дамбами обвалования из местных грунтов. При производительности земснаряда более $600 \text{ м}^3/\text{ч}$ гидросмеси происходит значительный вынос взвешенных веществ с осветленной водой, поэтому рекомендуется производить намыв, используя две и более последовательно соединенные секции отстойников. Отвод воды из отвалов осуществляется через колодцы и сбросную систему. С целью равномерного распределения пульпы по площади поверхность карт выполняется с уклоном $0,004 \dots 0,005$ в направлении растекания пульпы от пульпопровода.

Укладка материала в отстойники имеет несколько технологических схем, из которых практическое применение нашли следующие: 1) укладка матери-

ала при непрерывной закачке и сбросе осветленной воды через серию отстойников и прудок-отстойник; 2) укладка материала при периодическом заполнении отстойника, осветление пульпы и сброс осветленной воды в водоприемник через сливные колодцы.

При работе земснаряда ЗРС-Г на различных грунтах и с различными грунтозаборными устройствами концентрация пульпы изменяется в диапазоне $0,08 \dots 52,0 \%$. В связи с этим по-разному протекают седиментационные процессы, определяющие укладку материала в отстойнике и осветление пульпы. Производственный опыт показал, что для создания более равномерной поверхности намывного материала следует применять рассредоточенный способ намыва или торцевой способ с использованием веерного распределителя. Чтобы исключить неравномерность распределения состава и свойств намывного материала по длине карт, периодически следует осуществлять залив с противоположных торцевых обваловок. Для лучшего осветления пульпы при намыве ее на одамбованных склоновых участках необходимо проводить нарезку борозд параллельно береговой линии с учетом рельефа местности [4].

Для рекультивации намывных площадок после планировочных работ землеройными механизмами осуществляется намыв органоминерального донного и сплавинного материала.

При проведении дноуглубительных работ необходимо предусмотреть мероприятия, способствующие снижению негативного влияния работы земснарядов, грейферов и стоков с гидроотвалов (отстойников) на качество воды. Среди таких мероприятий возможно использование самих сплавин и зарослей высшей водной растительности, которые могут выступать в качестве естественных биологических и механических экранов, задерживающих взвешенные и растворенные вещества.

Основные способы снижения содержания взвешенных веществ в

осветляющейся воде: 1) регулирование скорости течения осветляющейся воды в отстойниках; 2) удлинение пути прохода осветляющейся воды с использованием серии секций отстойников; 3) отстаивание пульпы с периодическим сбрасыванием воды через шандорные колодцы; 4) использование фильтрационных экранов в местах выпуска осветленной воды.

Детальные исследования процессов расчистки и обустройства зарастающих и заболачивающихся мелководий Иваньковского водохранилища показали, что в результате механической расчистки мелководий от сплавин можно выделить два этапа формирования гид-

рохимического режима: во время производства работ и после их завершения [5]. Измерения, проведенные авторами, показали, что через 2,5 ч после начала работы земснаряда концентрация растворенного в воде минерального фосфора возросла более чем в 1,5 раза. На 10 % повысилась цветность воды и концентрация сульфат-ионов.

На седьмые сутки работы руфулера цветность воды в зоне его действия может достигать 200 градусов, в 2 раза превышая этот показатель на чистоводе (таблица). До 2–15-кратной величины возрастает количество фосфатов. В 1,4–1,8 раза повышается электропроводность воды и концентрация главных ионов.

Изменение относительных величин гидрохимических характеристик воды на расчищенном и контрольном участках (нормировано по соответствующим значениям на чистоводе)

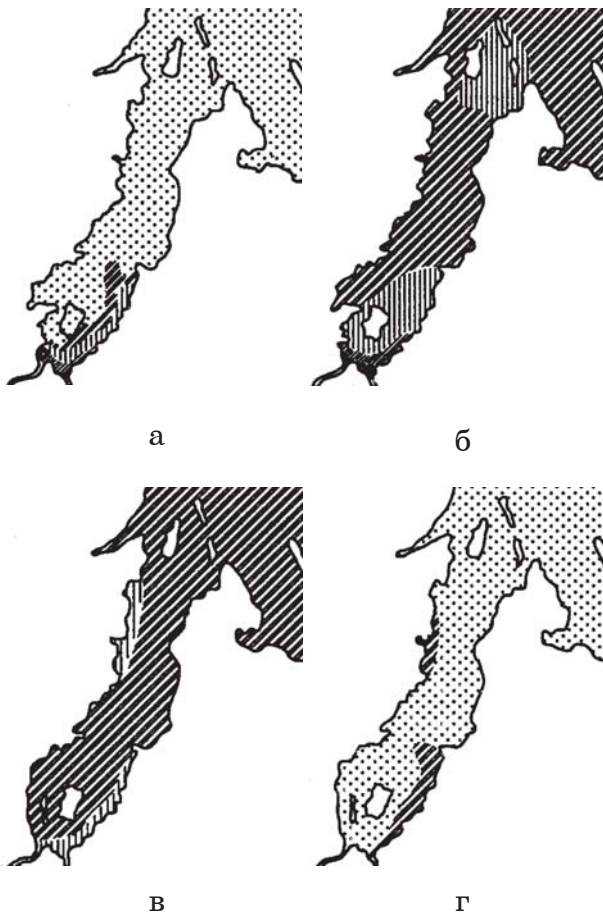
Показатель	Время после расчистки, сут			
	7		62	
	Расчищенный участок	Сплавина	Расчищенный участок	Сплавина
Цветность	2,00	1,00	0,94	1,18
pH	0,90	0,86	0,95	0,81
NH_4^+	1,04	0,80	0,86	0,81
NO_2^-	0,95	0,86	1,00	0,35
NO_3^-	0,73	0,81	0,87	1,00
PO_4^{3-}	6,60	2,60	—	—
$P_{\text{общ}}$	15,21	2,35	2,18	1,55
ПО	0,61	0,50	1,33	0,94
O_2	—	—	0,85	0,09
$\text{O}_2/\text{ПО}$	—	—	0,64	0,10
БПК ₅	—	—	0,59	0,30
БПК ₅ /ПО	—	—	0,44	0,32
SO_4^{2+}	1,42	0,96	1,08	1,31
Cl^-	1,59	0,90	1,33	2,44
Ca^{2+}	1,82	1,18	1,17	1,39

Содержание в воде взвешенных веществ — один из основных лимитирующих показателей при производстве дноуглубительных работ. До производства работ на участках предполагаемой расчистки содержание взвешенных в воде веществ колебалось в пределах 8...174 мг/л. При производстве работ содержание взвешенных веществ в забое составило 12...72 мг/л. Пятно повышенной мутности распространилось

на расстояние 100...300 м, экспоненциально уменьшаясь от центра к периферии. Через 4...6 дней после завершения работ мутность воды в забое уменьшилась до санитарных норм, а через 20...25 дней не отличалась от фоновой и составляла 10...17 мг/л.

Важнейшие экологические показатели состояния водного объекта — содержание растворенного кислорода и степень насыщения воды кислородом.

От этих показателей зависит интенсивность и направленность процессов самоочищения и самозагрязнения водной среды. Расчистка мелководий от сплавин, изъятие органического ила, увеличение гидродинамической активности водных масс благоприятно влияют на кислородный режим (рисунок). Уже через 2...3 ч после начала работы земснаряда концентрация растворенного в воде кислорода увеличивается на 20...25 %. Через 20...30 дней после окончания работ на расчищенных участках концентрация растворенного в воде кислорода на 40...50 % выше, чем на заболоченных массивах. Величина отношения O_2 к ПО (1,58...1,69) указывает на то, что условия существования гидробионтов значительно улучшаются.



Концентрация растворенного кислорода в воде Коровинского залива Иваньковского водохранилища: а — до производства работ по его расчистке; б — в первый день производства работ; в — на 38-й день производства работ; г — на 4-й день после завершения работ: ■ — 2...4, ▨ — 4...6, ▩ — 6...8, ▮ — 8...10, ░ — 10...12 мг/л

С повышением мутности воды во время производства работ тесно связано изменение ее электропроводности и минерализации. Пятно повышенной минерализации воды распространяется на расстояние до 2 км. На расстоянии около 100 м от земснаряда минерализация уменьшается в 1,2–2,1 раза, а на расстоянии 300...400 м почти восстанавливается до фоновых значений. Высшая водная растительность ускоряет процесс снижения минерализации. Это хорошо видно по результатам изменения состава осветляющейся воды, сбрасываемой с отстойника. Вода, профильтрованная через заросли роголистника темно-зеленого, имеет концентрацию главных ионов (кроме сульфат-ионов) на 10...50 % меньшую, чем на участке, где растительность отсутствует.

За время производства гидромелиоративных работ количество органического вещества в донных отложениях расчищаемого участка уменьшилось примерно в 3 раза. На контрольном заболоченном и сплавинном участках за этот же период содержание органического вещества возросло в 1,7 раза. На расчищенном участке уменьшилось содержание общего фосфора. При этом уменьшение содержания общего фосфора произошло в основном за счет сокращения органической составляющей. Как показывают результаты обследования ранее расчищенных мелководий, эффективность работ всецело зависит от созданного в результате расчистки гидродинамического режима и соотношения площадей под сплавидами и чистоводом.

Список литературы

1. Зимбалева, Л. Н. Фитофильные беспозвоночные равнинных рек и водохранилищ [Текст] / Л. Н. Зимбалева. — Киев : Наукова думка, 1981. — 201 с.
2. Forsberg, C. Evolution of lake restoration in Sweden [Text] / C. Forsberg // Schweiz. Z. Hydrol. — 1987. — Vol. 49. — № 2. — P. 260–274.
3. Kung, H. A study of lake eutrophication in Shanghai, China [Text] / H. Kung, L. Ying // Geogr. Journ. —

1991. — Vol. 157. — № 1. — P. 45–50.

4. Инструкция по разведке торфяных месторождений [Текст]. — М. : Мингео РСФСР, 1973. — 42 с.

5. **Казмирук, В. Д.** Зарастающие водотоки и водоемы : Динамические процессы формирования донных отложений [Текст]/ В. Д. Казмирук, Т. Н. Казмирук, В. Ф. Бреховских. — М. : Наука, 2004. — 310 с.

Материал поступил в редакцию 25.03.08.

Казмирук Василий Данилович, кандидат географических наук, старший научный сотрудник

Тел. 8 (48242) 43-7-43

E-mail: kazm@pochta.ru

Казмирук Тамара Николаевна, кандидат географических наук, старший научный сотрудник

E-mail: tamnicgor@yandex.ru

УДК 502/504: 556.047

Л. Ф. СОТНИКОВА

Институт водных проблем РАН

ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКА ПРИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ В РОССИИ

Дано обоснование расчетной обеспеченности при гидротехническом строительстве и приемы оценки расчетных характеристик максимального стока. Представлены рекомендации по уточнению оценок максимального стока. Проведено районирование оценок асимметрии многолетних рядов максимальных расходов воды весеннего половодья рек европейской территории СНГ.

Максимальные расходы воды, расчетная обеспеченность, статистические параметры распределения.

There is considered a substantiation of the designed provision at the hydraulic building and methods of estimation of the designed characteristics of the maximal drain. Recommendations are given on specifying assessments of the maximal drain. There was made a zoning of the asymmetry assessments of long-term series of maximal water flow of river spring flooding in the European territory of the CIS.

Maximal water flow, designed provision, statistic parameters of distribution.

Определение расчетных гидрологических характеристик при гидротехническом строительстве предусматривает решение следующих задач: а) выбор расчетной обеспеченности, б) порядок определения максимальных расходов, связанный с типом функции распределения вероятностей и методом оценки ее статистических параметров, а также с

оценкой точности результатов расчета, в) порядок пропуска расходов воды через гидротехническое сооружение.

В действующих строительных нормативах России эта вероятность связана с классом сооружения объекта — мощностью гидроэлектростанций, высотой плотины, площадью орошаемых земель и т.п. Для сооружений первого