



МОСКВА

Двухмесячный теоретический  
и научно-практический журнал.  
Учрежден АО «Водстрой»,  
Министерством сельского хозяйства  
и продовольствия  
Российской Федерации и  
коллективом редакции

Издается с апреля 1949 года

# МЕЛИОРАЦИЯ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО

1  
январь – февраль  
1999

## СОДЕРЖАНИЕ

## CONTENTS

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

- Абезяев И.Н., Безднина С.Я., Вискне А.А., Денисенко О.И., Колганов А.В. и другие. Внедрение оптических технологий в экологический мониторинг природных и сточных вод ..... 2
- Григорьева И.Л., Бугров А.Н., Штригер Е.Е. Особенности гидродинамического и гидрохимического режимов Шошинского плеса Ивановского водохранилища в летний период ..... 4
- Бракени А., Филиппов Е.Г. Использование водосливов с симметричным треугольным порогом для измерения расходов воды ..... 7
- Экватек-98  
Сапожников Н.Г. Со стендов Технической выставки ..... 9

### СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ

- Головин В.Л. Проблемы сельскохозяйственного водоснабжения в Приморском крае ..... 16
- Николаев Н.В. Водоочистные станции для систем малого водоснабжения ..... 20
- Давыдов В.В., Каграманов Г.Г., Воложинский Л.А., Гаврилов Л.Н. Фильтры «Ваше здоровье» с керамическими элементами ..... 23

### МЕЛИОРАЦИЯ И УРОЖАЙ

- Митрофанов Ю.И. Адаптивные севообороты на осушаемых землях Нечерноземья ..... 25
- Каипов Я.З., Сафин Х.М. Кормовые севообороты для орошаемых земель Башкирии ..... 27
- Гасанов А.М. Влияние глубокого рыхления на физико-химические свойства желтоземов Колхиды ..... 29
- Рабинович Г.Ю., Ковалев Н.Г., Иванов Д.А. Биодegradация нетрадиционных удобрений в различных почвах ..... 31
- Афанасьев Р.А., Мерзлая Г.Е. Энергетическая оценка влияния орошения сточными водами на плодородие почв и урожайность ..... 33
- Шадских В.А. Эффективность почвозащитной безотвальной обработки почв на орошаемых землях Поволжья ..... 34

### ОСУШЕНИЕ

- Карпечко Ю.В., Нестеренко И.М. Особенности формирования весенних максимальных расходов на осушаемом торфянике ..... 37
- Пилевский Ю.С. Оценка потребности в гидротехнических мелиорациях почв Приморья на основе анализа метеорологической обстановки ..... 39
- Ковалев Н.Г., Туманов И.П., Кузьмин Е.А. Изучение миграции влаги в почве радиоиндикаторными методами ..... 41
- Морозов В.В., Фомин В.Н., Виноградов В.Ф. Интенсификация обезвоживания сапропеля электрофизическим воздействием ..... 44

### ЗА РУБЕЖОМ

- Колганов А.В., Чуелов М.Г. Первая межрегиональная конференция МКИД ..... 45
- Календарь международных встреч ..... 14, 36

### ИНФОРМАЦИЯ

- Б.С. Маслову - 70 лет ..... 15
- А.А. Желобаеву - 65 лет ..... 24
- [В.А. Сурин] ..... 48

### WATER RESOURCES USE AND CONSERVATION

- Abezayev I.N., Bezdina S.Ya., Viskne A.A., Denisenko O.I., Kolganov A.V. and other. Introduction of optical technologies for application to ecological monitoring of natural and sewage water ..... 2
- Grigoryeva I.L., Bugrov A.N., Shtriter E.E. The peculiarities of hydrodynamical and hydrochemical conditions of the Shoshinsky reach of Ivanyekovsky reservoir at summer ..... 4
- Brakeni A., Philippov E.G. Application of spillway with symmetrical three-cornered crest for measuring of discharge ..... 7
- Ecwattech-98  
Sapojnikov N.G. The displays of Technical exhibition ..... 9

### RURAL WATER SUPPLY

- Golovin V.L. Problems of rural water supply in Primorye region ..... 16
- Nikolayev N.V. Water purification plants for small scale water supply systems ..... 20
- Davydov V.V., Kagramanov G.G., Vologynsky L.A., Gavrilov L.N. The «Your health» filters with ceramic elements ..... 23

### RECLAMATION AND CROPS

- Mitrofanov U.I. Adaptive crop rotations for drained lands of Nечерноземье ..... 25
- Kaipov Ya.Z., Safin Kh.M. Fodder crop rotations for irrigated lands of Bashkiria ..... 27
- Gasanov A.M. Influence of deep ripping on physical-chemical properties of Kolkhida yellow earth ..... 29
- Rabinovich G.U., Kovalev N.G., Ivanov D.A. Biodegradation of untraditional fertilizer in different soils ..... 31
- Afanasyev R.A., Merzlaya G.E. Energetics valuation of sewage irrigation influence on soil fertility and crops ..... 33
- Shadskykh V.A. Effectiveness of soil protective nonpiling cultivation of soil on irrigated lands in Povolje ..... 34

### DRAINAGE

- Karpechko Yu.V., Nesterenko I.M. Peculiarities of maximum spring discharge forming on drained peat soils ..... 37
- Pilevski Yu.S. Estimation of reclamation requirements of soils in Primorye basing on meteorological situation analysis ..... 39
- Kovalev N.G., Tumanov I.P., Kuzmin E.A. Application of radioindicator methods to studies of water migration in soil ..... 41
- Morozov V.V., Fomin V.N., Vinogradov V.F. Intensification of dehydratization of sapropel by the electro-physical action ..... 44

### ABROAD

- Kolganov A.V., Chujelov M.G. 1-st Inter-Regional ICID conference on Environment- Water ..... 45
- Calendar of international meetings ..... 14, 36

### INFORMATION

- B.S.Maslov 70-th anniversary ..... 15
- A.A.Gelobaev 65-th anniversary ..... 24
- [To V.A.Surin memory] ..... 48

Журнал зарегистрирован в Минпечати и информации  
Российской Федерации. Рег. № 01409.  
Компьютерный набор. Подписано в печать 15.02.99.  
Формат 60x88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная.  
Усл.печ. л. 5,88. Усл.кр.-отт. 6,86. Заказ 338.  
Компьютерная верстка: Д.Н. Бессонов.

Отпечатано в Подольской типографии Чеховского полиграфического  
комбината: 142110, г. Подольск, ул. Кирова, 25.

Адрес редакции: 107807, ГСП-6, Москва, Б-78, Садовая-Спасская ул.,  
д. 18, комн. 421, 424, 425. Тел. 207-18-55, 207-19-60.

Мнение редакции не всегда совпадает с мнением авторов публикаций.  
Ответственность за достоверность информации несут авторы статей и рекламодатели.

Главный редактор Е.А. НЕСТЕРОВ

Редакционная коллегия:

И.П. АЙДАРОВ, Н.Д. БЕССОНОВ (зам.главного редактора),  
А.А. ВИКСНЭ, А.И. ГОЛОВАНОВ, Г.Г. ГУЛЮК, Е.П. ГУСЕНКОВ,  
Б.М. КИЗЯЕВ, Н.Г. КОВАЛЕВ, П.И. КОВАЛЕНКО, А.В. КОЛГАНОВ,  
И.П. КРУЖИЛИН, Б.С. МАСЛОВ, Ц.Е. МИРЦХУЛАВА, Н.Н. МИХЕЕВ,  
Т.Н. НЕЙРОВ, И.С. ОСТАПОВ, П.А. ПОЛАД-ЗАДЕ, И.С. РУМЯНЦЕВ,  
Н.Р. ХАМРАЕВ, В.М. ХОРЕВ, А.Ф. ШАВИН, Д.В. ШТЕРЕНЛИХТ.

Редакция: Т.Н. ГРИЦЕВСКАЯ, Г.М. ПОЛОВА.

контактный флюориметр для регистрации растворенных в воде компонентов нефти и нефтепродуктов чувствительностью не ниже 0,05 мг/л;

блок вспомогательных датчиков температуры, скорости течения, устройства обработки и телеметрической передачи информации по заданному регламенту, а также изменения плавучести комплекса.

Масса комплекса не более 32 кг, питание от встроенных батарей или от береговой сети по кабелю-тросу.

Комплекс «Оптодьюк» может быть использован для контроля и прогнозирования утечек нефти из подводных трубопроводов, на нефтяных терминалах и добывающих вышках, на акватории портов.

В 1997 г. в Александровском управлении эксплуатации групповых водопроводов (УЭГВ) «Ставропольводопровода» были проведены пуско-наладочные работы трех современных портативных отечественных приборов серии «Флюорат», предназначенных для контроля качества вод на основе нормативов нового СанПиНа. Приборы снабжены комплектами методик выполнения измерений содержания нефтепродуктов, фенолов, ПАВ, нитратов и цинка, включенных в Госреестры методик, допущенных Минприроды РФ и утвержденных Госсанэпиднадзором. В процессе внедрения приборы показали надежную работоспособность в условиях эксплуатации водопроводов.

После пуско-наладочных работ приборы «Флюорат» переданы для практического использования Александровскому УЭГВ.

В порядке обучения новым методикам в пуско-наладочных работах принимали участие представители Ростовского, Калмыцкого и Ставропольского УЭГВ. 16–18 марта 1998 г. на базе Коломенского института подготовки и повышения квалификации специалистов Минсельхозпрода РФ проведена научно-практическая конференция по внедрению приборов «Флюорат-02-3М» в практику эксплуатации сельских водопроводов. Круг внедрения новой техники был расширен путем передачи приборов и методик Таманскому, Ейскому, Усть-Джегутинскому, Калмыцкому и Саратовскому УЭГВ, а также Тобольскому дочернему предприятию ГЭП «Курганэксплуатация».

Оптические технологии могут найти широкое применение не только в сельскохозяйственном водоснабжении и мелиорации земель. Сельское хозяйство является крупнейшим потребителем

воды и источником загрязнения почв, поверхностных и подземных вод пестицидами, тяжелыми металлами, нитратами и аммонийным азотом и другими веществами. Нормы предельно допустимого содержания загрязняющих веществ в почве, растениях и воде (в системе водопотребления и водоотведения) характеризуются малыми значениями и для их контроля люминесцентные методы незаменимы.

Особенность сельскохозяйственного водопользования заключается в том, что потребители воды рассредоточены на значительных по площади территориях. Это обстоятельство затрудняет контроль и управление процессами миграции загрязняющих веществ, определяет требования к созданию системы экологического мониторинга воды, почв и растений. Наряду со стационарными региональными лабораториями, оснащенными анализаторами, важное место в этой системе должны занимать локальные, передвижные лаборатории, оснащенные портативными системами экспресс-контроля качества среды. Оптические методы позволяют решить и эту задачу.

В настоящее время в России предпринимаются усилия по внедрению в экологическую практику целой гаммы оптико-электронных приборов и комплексов по техническим характеристикам, не уступающих мировому уровню и доступных многим потребителям.

УДК 556.551

## **ОСОБЕННОСТИ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО И ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМОВ ШОШИНСКОГО ПЛЕСА ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД**

*И.Л. ГРИГОРЬЕВА, канд. геогр. наук, А.Н. БУГРОВ, канд. физ.-мат. наук, Е.Е. ШТРИТЕР (Иваньковская НИС ИВП РАН)*

Растущая потребность городов-мегаполисов в водных ресурсах заставляет усилить внимание к изучению качества воды источников их водоснабжения. Для г.Москвы одним из таких источников является Иваньковское водохранилище, входящее в состав Волжского каскада и обеспечивающее потребность города в воде на 60%. При создании во-

дохранилища главенствующую роль играло обеспечение судоходного пути, связывающего г.Москву с морскими портами. В настоящее время основное назначение его – водоснабжение.

Иваньковское водохранилище – водоем долинного типа, включающий волжскую и шошинскую ветви. Первая – Иваньковский и Волжский плесы, вторая – Шошинский плес, который образовался при затоплении низкой поймы р.Шоши (правого притока р.Волги) от устья до с.Тургиново. Шошинский плес – это мелководный, зарастающий водоем, по гидродинамическим, гидробиологическим и гидрохимическим показателям резко отличающийся от волжской ветви водохранилища. Длина плеса – 36 км, наибольшая ширина – 5 км, площадь при НПУ – 112 км<sup>2</sup>, объем – 0,12 км<sup>3</sup> [3]. Хотя на долю р.Шоши и ее притоков приходится всего 11% общего поверхностного стока Иваньковского водохранилища [3], роль Шошинского плеса в формировании качества воды водохранилища довольно существенна, так как он обладает большей биопродуктивностью по сравнению с остальными плесами и повышенными значениями отдельных параметров качества воды, особенно в зимнее время. Велико влияние Шошинского плеса на формирование кислородного режима водоема, также наибольшее в зимнее время.

Натурные наблюдения гидродинамики плеса эпизодичны и обычно охватывают его устьевую часть (ниже моста на автомагистрали Москва – Санкт-Петербург). Режим течений в плесе определяется поверхностным притоком, ветром и колебаниями уровня воды. Исследования Гидропроекта им.С.Я.Жука в 1973 г. и Иваньковской НИС ИВП РАН в 1981, 1993 гг. показали, что скорости на русловых участках плеса не превышают 8 см/с при ветрах скоростью 3...4 м/с различных направлений. На мелководьях скорости зафиксированы на глубинах до 1 м. Часто наблюдаются противотечения как в поверхностном, так и в придонном горизонтах. Возможной причиной такого явления может служить временный обратный перепад уровней в устье плеса и на примыкающем к устью участке водохранилища.

Более детальное представление о гидродинамических процессах, происходящих в Шошинском плесе и опирающихся на данные натурных измерений, в настоящее время отсутствуют. Для восполнения существующего пробела была предпринята попытка моделирования пространственно-временной изменчивости полей течений плеса в лет-

не-осенний период. Для этого периода характерны небольшие скорости течения и изменения уровня, значения которого близки к НПУ, что позволяет ограничиться моделью относительно интегральной функции тока  $\Psi = \Psi(t, x, y)$  [2]:

$$\frac{\partial}{\partial t} \left[ \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{1}{H} \frac{\partial \Psi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{1}{H} \frac{\partial \Psi}{\partial y} \right) \right] + \left[ \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{f}{H} \frac{\partial \Psi}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{1}{H} \frac{\partial \Psi}{\partial y} \right) \right] + \left[ \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{R}{H} \frac{\partial \Psi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{1}{H} \frac{\partial \Psi}{\partial y} \right) \right] = \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{\tau_x}{H} \right) - \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\tau_y}{H} \right) \quad (1)$$

$$\Psi|_{\Gamma} = \Psi_0, \quad \Psi(0, x, y) = \Psi_0(x, y),$$

где  $H = H(x, y)$  – глубина точки акватории  $(x, y) \in \Omega$ ;  $\Omega$  – акватория;  $f$  – параметр Кориолиса, вычисленный на широте Шошинского плеса;  $R$  – коэффициент донного сопротивления;  $\tau_x, \tau_y$  – касательные напряжения ветра, вычисляемые по квадратичному закону относительно скорости ветра;  $\Gamma$  – береговая линия акватории  $\Omega$ ;  $\Psi_0 = \Psi_0(t, x, y)$  – граничное значение интегральной функции тока, определяемое по расходам притоков рр. Шоши и Ламы (приняты равными

4,5 м<sup>3</sup>/с – средние за летний период).

Для решения начально-краевой задачи (1) применялся конечно-разностный метод. Акватория  $\Omega$  заменялась сеточной областью (ячейка сетки  $\Delta x = \Delta y = 500$  м). Глубины плеса взяты с карты масштаба 1:50000 и интерполированы в узлы сеточной области. Береговая линия заменена ступенчатой, состоящей из отрезков, параллельных осям координат  $x, y$ . Разностная схема по пространству представляла собой схему, предложенную в [4] с аппроксимационной вязкостью А.А.Самарского, по времени – неявную. Схема аппроксимирует дифференциальную задачу со вторым порядком по  $\Delta x, \Delta y$ . Схема консервативна и при знакопеременных коэффициентах у первых производных и постоянных коэффициентах у вторых обладает сходимостью приближенного решения к точному со вторым порядком в сеточной норме пространства  $S$ .

В результате расчетов получены картины течения между дамбой железнодорожной магистрали и мостом автомагистрали, возникающие при наличии северного и южного ветров скоростью 5 м/с (рис. 1). Если южный ветер создает

менее выраженную ячейку циркуляции воды восточнее железнодорожной магистрали, то при северном циркуляция ярко выражена. Наличие ветра существенно повышает и скорость течения воды по сравнению со штилевыми условиями. Картина течения сильно меняется при восточном и западном ветрах скоростью 5 м/с, дующих почти вдоль условной продольной оси плеса (рис. 2). Расширенный его участок восточнее железнодорожной магистрали оказывается занятым циркуляционной ячейкой циклонического характера при одном ветре и антициклонического при другом.

Таким образом, для Шошинского плеса характерна весьма сложная гидродинамическая структура водной массы. В расширениях плеса при ветрах всех направлений летом наблюдаются циркуляционные движения воды и противотечения, препятствующие выносу гидробионтов и поллютантов с мелководных участков плеса в волжскую ветвь водохранилища, однако это не препятствует их выносу при зимней сработке водохранилища.

Качество воды Шошинского плеса определяется прежде всего особеннос-

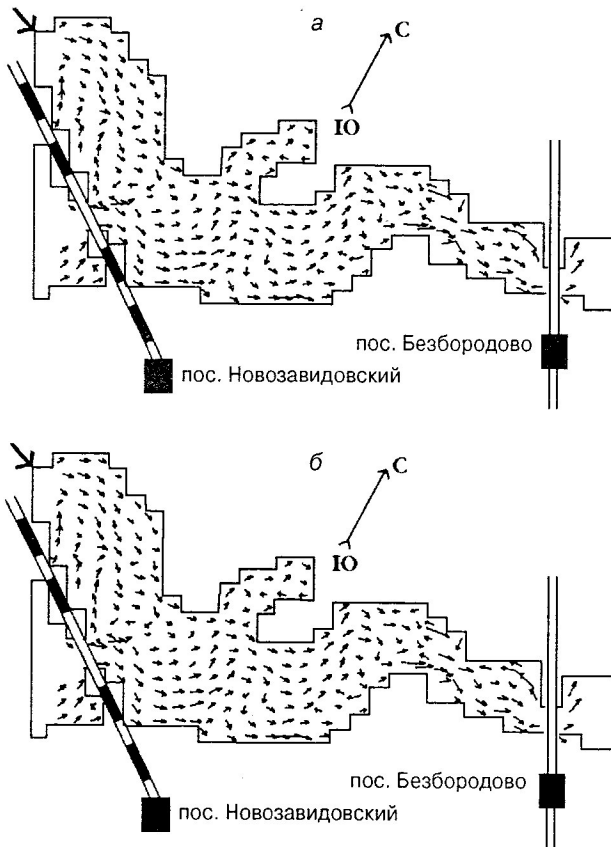


Рис. 1. Картины течений на Шошинском плесе между железнодорожной и автомобильной магистралями Москва–Санкт-Петербург при южном (а) и северном (б) ветрах ( $v=5$  м/с): → – устье сбросного канала Редкинского опытного завода.

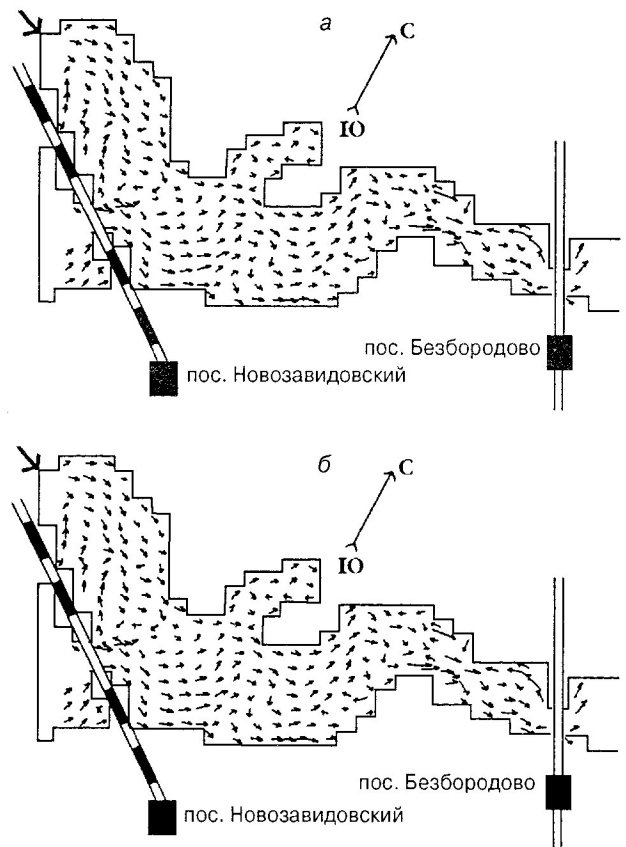


Рис. 2. Картины течений на Шошинском плесе между железнодорожной и автомобильной магистралями Москва–Санкт-Петербург при западном (а) и восточном (б) ветрах ( $v=5$  м/с): → – устье сбросного канала Редкинского опытного завода.

тами гидрохимического режима его притоков – рр. Инюхи, Шоши и Ламы. Еще до создания Ивановского водохранилища вода р. Шоши отличалась по химическому составу от воды р. Волги. Авторы [1] отмечали, что вода р. Шоши характеризуется повышенными солевым составом, общей жесткостью и содержанием сульфатов, пониженной цветностью и повышенной окисляемостью по сравнению с водой в р. Волге. В настоящее время по содержанию и соотношению главных ионов и минерализации воды в летний период Шошинский плес практически не отличается от волжской ветви водохранилища [3]. Но в то же время для него летом характерна меньшая прозрачность воды, чем для других плесов, что объясняется большим содержанием в ней окрашенных взвешенных минеральных и органических веществ. Плес отличается также большими значениями БПК<sub>5</sub>, которые в 2–2,5 раза выше, чем на других участках водохранилища, и более высокими значениями рН воды, большими концентрациями общего азота и фосфора, кремния и железа по сравнению с волжской ветвью водоема.

Современное состояние качества воды Шошинского плеса может быть охарактеризовано по данным наших измерений летом 1992 и 1993 гг. Сравнительный анализ параметров качества воды за многолетний период показал, что можно говорить о существенном увеличении концентрации хлоридов и сульфатов (в 4–5 раз) по сравнению с 1914 и 1933 гг. [1,7], а также о значительном увеличении БПК<sub>5</sub> (в 5–6 раз). Практически не изменились за многолетний период концентрации ионов кальция и магния, и в настоящее время они составляют в среднем соответственно 34...40 и 7...8 мг/л. Средняя концентрация гидрокарбонатного иона колеблется в последние 30 лет в диапазоне от 126 до 146,4 мг/л. Средние значения перманганатной окисляемости (ПО) в последние 20–30 лет составляют 11...13,6 мг О/л. Средние значения рН воды в настоящее время равны 8...8,5. Цветность воды довольно постоянна и изменяется в среднем от 40 до 65 град., достигая в отдельные периоды 80 град. Максимальные концентрации минерального азота ( $\Sigma N$ ) и фосфора ( $P-PO_4$ ) отмечены в 1979–1980 гг., средние их значения были равны соответственно 1,13 и 0,065 мг/л. В 90-е годы наметилась тенденция их уменьшения. В 1992 и 1993 гг. их концентрации не превышали в среднем 0,35 и 0,012 мг/л. В летний период для Шошинского плеса ха-

рактерен дефицит кислорода в придонных горизонтах русловой части, и, как следствие этого, концентрации аммонийного азота ( $N-NH_4$ ) в придонных слоях превышают концентрации нитратного азота ( $N-NO_3$ ) в 2–3 раза.

Основным контролируемым источником загрязнения Шошинского плеса является Редкинский опытный завод. Проектная мощность очистных сооружений завода 13 тыс м<sup>3</sup> в сутки, фактический суточный объем сброса в 1992 г. составил 5,6 тыс. м<sup>3</sup> [6]. Сброс сточных вод заводом осуществляется в плес через канал длиной около 5 км. Устье сбросного канала находится на том участке плеса, где он перекрыт дамбой железнодорожной магистрали. Сток воды идет под железнодорожным мостом.

Исследования влияния сброса сточных вод Редкинского опытного завода на качество воды Шошинского плеса проводились в августе 1993 г. Пробы воды на химический анализ отбирали в устье сбросного канала, в 100 м выше по каналу, а также в 100, 200, 500 и 1000 м от устья канала вдоль дамбы, у берега, в транзитном потоке выше и ниже по течению от железнодорожного моста и на выходе из Шошинского плеса. Во всех точках пробы воды брали в поверхностном и придонном горизонтах. В устье сбросного канала и 200 м от него были взяты пробы донных отложений.

Кроме стандартных гидрохимических показателей, в пробах определялись токсичность среды методом биотестирования с использованием светящихся бактерий *Photobacterium Phosphoreum* [5]. Люминесценция светящихся бактерий измерялась на портативном пробирочном люминометре Emilite-1003A производства СП «Биохиммак».

Анализ данных биотестирования показал, что все водные образцы попадают под категорию «нетоксичные», тогда как водная вытяжка донных отложений, взятых в устье сбросного канала, оказалась в категории «высокотоксичный образец», а отобранных в 200 м ниже его – «слаботоксичный образец». Из этого следует, что загрязняющие вещества, поступающие в Шошинский плес Ивановского водохранилища со сточными водами Редкинского опытного завода, накапливаются в основном в донных отложениях устьевой зоны сбросного канала, а также в донных отложениях в радиусе 200 м от канала.

В пробах воды, отобранных в устьевой зоне канала, наблюдались более высокие концентрации аммонийного азота и перманганатной окисляемости, чем в других точках отбора, а значения

нитратного азота, сульфатов, хлоридов, БПК<sub>5</sub> не были выше, чем в акватории плеса. Если судить по концентрациям аммонийного азота, то влияние сбросных вод распространяется примерно на 500 м вдоль дамбы. В транзитном потоке влияние сточных вод не сказывается, что может быть объяснено циркуляцией вод в Шошинском плесе, о которой можно судить по результатам математического моделирования картины течения на участке плеса от железнодорожной магистрали до автомобильного моста.

## ВЫВОДЫ

1. Шошинский плес – своеобразный водоем в водоеме. Для гидродинамического режима плеса в летний период характерны небольшие скорости течения, наличие наряду со стоковыми течениями циркуляционных зон в расширениях плеса, противотечений в устьевой части. Качество воды плеса в летний период отличается от волжской ветви водохранилища более высокими концентрациями общего азота и фосфора, железа и кремния.

2. Основной точечный источник загрязнения плеса – Редкинский опытный завод – оказывает летом влияние на качество воды небольшого участка водохранилища из-за особенностей гидродинамического режима. В многолетнем разрезе это локальное воздействие усиливается эффектом накопления загрязняющих веществ в донных отложениях и в совокупности с другими факторами оказывает негативное влияние на качество воды как плеса, так и самого водохранилища, что подтверждается ухудшением качества воды за последние 30 лет.

3. Как гидродинамический, так и гидрохимический режимы Шошинского плеса в рамках их сезонных вариаций изучены еще недостаточно. Неясна степень влияния плеса на гидрохимию и гидробиологию нижележащих участков Ивановского водохранилища. В связи с этим и в дальнейшем необходимо вести постоянный мониторинг за его состоянием. К тому же Шошинский плес – прекрасный природный модельный объект, данные натурных исследований которого могут быть использованы для других мелководных водоемов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Драчёв С.М., Скопинцев Б.А. Гидрохимическая характеристика р. Волги на участке от г. Калинина до устья р. Дубны по данным исследований 1931–1934 гг. // Гидрохимические материалы. – Т.12. – М.–Л., 1941.

2. Иваненко С.А. Расчет течений в водоемах на криволинейных сетках. – М.: ВЦ АН СССР, 1991.

3. Ивановское водохранилище и его жизнь. – Л.: Наука, 1978.

4. Климок В.И., Фридрих Г., Скляр С.Н., Гришняков Б.Ю. Численное моделирование термогидродинамики мирового океана и экваториальной атлантики: Препринт № 605. – Новосибирск: ВЦ СО АН СССР, 1985.

5. Ковалышева Г.В., Лапина Е.Е., Букреева О.П. Биотестирование вод Ивановского водохранилища с использованием светящихся бактерий *Photobacterium Phosphoreum* // Водные ресурсы. – 1996. – Т.23. – № 1.

6. Мирзоев Е.С., Мирзоев А.Е. Конаковский район: Краеведческий справочник. – Тверь, 1995.

7. Озеров С.А. Волга, Ока и Москва-река как источники водоснабжения г.Москвы // Труды комиссии по изыск. новых источ. водоснабжения г.Москвы. – М., 1927. – Вып.4.

УДК 532.57:626.87

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДОСЛИВОВ С СИММЕТРИЧНЫМ ТРЕУГОЛЬНЫМ ПОРОГОМ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДОВ ВОДЫ

А. БРАКЕНИ (Алжир); Е.Г. ФИЛИППОВ, д-р техн. наук (МГУП, Россия)

Водосливы с порогами треугольного профиля отличаются постоянством коэффициента расхода в определенных диапазонах изменения напоров (расходов) и в связи с этим широко применяются в качестве гидрометрических сооружений. В настоящее время для практического использования рекомендуется несимметричный треугольный порог с откосами в верхнем и нижнем бьефах соответственно 1:2 и 1:5. Для этого порога имеется отечественная нормативная документация [1, 2] и международные стандарты ИСО 4360, утвержденные в первой редакции в 1979 г. [3] и в пересмотренной второй редакции – в 1984 г. [4]. Первая редакция ИСО 4360 была разработана на основе результатов экспериментальных исследований, проведенных Э. Крампом [5]. В дальнейшем в Великобритании были проведены более тщательные исследования [6, 7] двух профилей треугольных порогов, имеющих откосы в верхнем и нижнем бьефах соответственно 1:2 и 1:5 (водослив Крампа) и симметричным – 1:2 – 1:2. Полученные

результаты по первому водосливу [6] послужили основой для разработки второй редакции международного стандарта ИСО 4360 [4] и отечественного нормативного документа [1].

Исследования симметричного профиля порога водослива [7] оказались недостаточными для разработки практических рекомендаций по его внедрению. Учитывая, что симметричный профиль водослива требует меньших затрат при строительстве по сравнению с несимметричным, в лаборатории кафедры гидравлики Московского государственного университета природообустройства в 1995–1996 гг. были выполнены экспериментальные исследования водосливов с тремя профилями порогов.

Опыты проводили в прямоугольном гидравлическом лотке шириной  $b_n = 0,245$  м и высотой 0,3 м. Профили порогов экспериментальных водосливов имели откосы в верхнем и нижнем бьефах соответственно 1:2 и 1:5; 1:2 и 1:3; 1:2 и 1:2. Высота всех порогов была одинаковой и равной  $P = 0,15$  м. Диапазон расходов составлял 0,010... 0,024 м<sup>3</sup>/с, напоров – 0,053...0,1225 м. Уровни воды измеряли в 21 створе, которые располагались на следующих расстояниях  $l_a(m)$  от верхней кромки водослива: 0,95 (6,33 P); 0,85 (5,67 P); 0,75 (5,0 P); 0,65 (4,33 P); 0,55 (3,67 P); 0,45 (3,0 P); 0,25 (1,67 P); 0,15 (1 P) и 0,00.

Исследования показали, что наиболее устойчивые постоянные значения коэффициентов расхода имеют два профиля треугольных порогов с откосами в верхнем и нижнем бьефах: соответственно 1:2 и 1:5, а также 1:2 и 1:2. Поскольку для первого профиля водосливов имеются разработанные рекомендации по их использованию, то в данной статье рассмотрим технические рекомендации для практического использования водосливов с симметричным профилем порога и приведем обоснование достоверности полученных результатов на водосливах в натуральных открытых руслах водотоков и каналах.

В соответствии с нормативными документами [1–4] уравнения расходов для водосливов с треу-

гольными профилями порогов имеют следующий вид:

$$Q = (2H/3)^{1,5} \sqrt{g} C_d b; \quad (1)$$

$$Q = (2h/3)^{1,5} \sqrt{g} C_v C_d b, \quad (2)$$

где  $h$  – измеряемый напор в верхнем бьефе на расстоянии  $l_a$  от кромки водослива, м;  $H$  – полный удельный напор (м), равный  $H = h + \alpha (v^2/2g)$ , где  $\alpha = 1,0$ ;  $g$  – ускорение свободного падения, м<sup>2</sup>/с;  $C_d$  – безразмерный коэффициент расхода;  $C_v$  – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость подхода потока к сооружению, равный  $C_v = (H/h)^{1,5}$ ;  $b$  – ширина водослива, м.

При проведении опытов определялся экспериментальный коэффициент  $C_s$  в уравнении расхода (2), равный произведению  $C_v$  и  $C_d$ , а затем вычислялись коэффициент скорости  $C_v$  и искомый коэффициент расхода  $C_d$ :

$$C_d = C_s / C_v. \quad (3)$$

Для оценки результатов исследований на лабораторной экспериментальной установке было проведено их сравнение с результатами исследований натурального водослива с таким же симметричным профилем треугольного порога, то есть с откосами 1:2. В качестве натурального был принят водослив, исследованный Базеном [8]. Он был установлен в прямоугольном канале шириной  $b_x = 1,992$  м ( $\sim 2$  м), имел высоту порога  $P = 0,5$  м, диапазон изменения расходов от 0,0864 до 1,1863 м<sup>3</sup>/с, напора – от 0,07 до 0,405 м и измерительное сечение, расположенное на расстоянии  $l_a = 5$  м (10 P).

Из сравнения градуировочных характеристик экспериментального и натурального водосливов (рис.1) видно, что обе характеристики совмещаются в одну прямую с отклонением экспериментальных точек не более чем на 0,5%. Это свидетельствует о том, что принятые в экспериментальных исследованиях геомет-

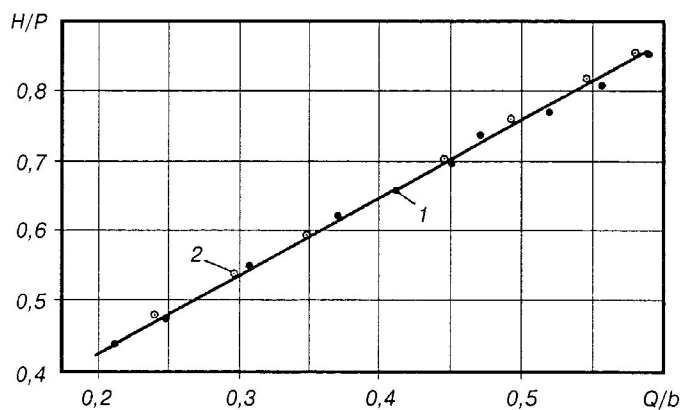


Рис. 1. Градуировочные характеристики экспериментального и натурального водосливов  $Q/b = f(H/P)$ : 1, 2 – данные опытов соответственно Базена и Бракени.