

2. *Ушаков М.В.* Современные изменения термического режима холодного сезона на Российском Дальнем Востоке // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения: Материалы V всероссийской научной конференции с международным участием, ч. 3/ Институт проблем промышленной экологии Севера КарНЦ РАН. Апатиты: КНЦ РАН. 2014. С. 209-211.

3. URL: <http://meteo.ru/data/>

4. *Шелутко В.А.* Численные методы в гидрологии. – Л.: Гидрометеиздат. 1991. 239 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОТОЧНОСТИ ВОЛГО-АХТУБИНСКОЙ ПОЙМЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО БЛАГОПОЛУЧИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Шаталова К.Ю., Болгов М.В.

Институт водных проблем РАН, г. Москва

k.shat@mail.ru

Функционирование Волго-Ахтубинской поймы и ее экосистемы определяется главным образом гидрологическим режимом Волжско-Камского каскада (ВКК). В бассейне Нижней Волги, вследствие работы ВКК, произошло существенное снижение межгодовой изменчивости важнейших гидрологических параметров – уровней и расходов воды на пике половодья, сокращение продолжительности фазы подъема, резкое увеличение интенсивности роста и спада уровня воды и изменение термического режима Нижней Волги. Кроме того, в последние десятилетия произошли заметные климатические изменения в условиях формирования стока в бассейне реки Волги – увеличился меженный сток и сократился сток весеннего половодья. Все это оказало негативное влияние на состояние Волго-Ахтубинской поймы.

Для обводненности Волго-Ахтубинской поймы, наряду с режимом попусков в нижнем бьефе Волгоградского гидроузла, существенно и распределение воды между р. Волгой и р. Ахтубой. Особенностью рассматриваемой территории является то, что в верхней части поймы – от начала до г. Ахтубинска (150-170 км), русло Ахтубы расположено выше русла Волги, и существует уклон водотоков от Ахтубы к Волге [1]. В результате верхняя часть Волго-Ахтубинской поймы заполняется водой, в первую очередь, из Ахту-

бы. Так как западная часть поймы, расположенная ближе к руслу Волги, приподнята, то затопление ее водой в период половодья происходит при более высоких горизонтах, т.е. Волга заливает лишь незначительную площадь пространства поймы вдоль своего русла (до 6-8 км шириной). К тому же, волжские воды существенно раньше и быстрее возвращаются в русло. Основная масса пропускаемой через плотину Волжской ГЭС воды (90-95%) проходит по руслу р. Волги, имеющей больший уклон.

Таким образом, современное неблагоприятное состояние экосистемы Волго-Ахтубинской поймы связано с недостаточной водностью р. Ахтубы и водных объектов поймы, сформировавшейся в результате искусственно созданного гидрологического режима р. Волги. Одним из путей сохранения уникальной Волго-Ахтубинской поймы является увеличение количества поступающей в Ахтубу воды, поскольку простое углубление ее дна и расчистка ее русла не могут обеспечить поступление необходимого количества воды.

После строительства Волжской ГЭС истоком для р. Ахтубы стал Волго-Ахтубинский канал, берущий свое начало из р. Волги (старое русло Ахтубы было перекрыто при строительстве плотины). В настоящей работе рассматривается схема, когда в старое русло Ахтубы принудительным образом дополнительно подается вода непосредственно из Волгоградского водохранилища. Исследования проводились с помощью гидродинамической модели бассейна Нижней Волги, созданной в ИВП РАН на базе программного продукта "SOBEK", разработанного Дельфтской гидравлической лабораторией (Голландия) [2].

В структуру модели включены все основные рукава рек Волги и Ахтубы, протоки дельты и Волго-Ахтубинской поймы, ширина которых в период межени превышала 20-25 м, и существующие в бассейне гидротехнические сооружения. Подробно структура модели изложена в [3].

Возможные режимы водоподдачи исследовались на примере маловодного 2006 года. Весеннее половодье 2006 г. было исключительно маловодным, суммарный объем стока за половодье – 51.8 км³, обеспеченность наивысших расходов (18300 м³/сек) через Волжскую ГЭС составила 99.4%, в целом по 2 кварталу Р=87%, а продолжительность периода половодья 41 сутки. Режим регулирования сбросов, по мнению местных специалистов, был для Волго-Ахтубинской поймы крайне неудачным [1].

Подача воды в старое русло Ахтубы реализовывалась в модели на спаде волны половодья при расходах в нижнем бьефе ГЭС около $15000 \text{ м}^3/\text{сек}$ и продолжительностью с 15.05.2006 г. до 4.08.2006 г. Изучалась эффективность нескольких вариантов подачи воды в старый исток р. Ахтубы: $50 \text{ м}^3/\text{сек}$, $150 \text{ м}^3/\text{сек}$, $300 \text{ м}^3/\text{сек}$, $500 \text{ м}^3/\text{сек}$.

Следует отметить, что за счет дополнительной подкачки воды в исток Ахтубы изменить форму гидрографа весеннего половодья кардинальным образом не удастся. Продолжительность половодья не увеличивается, а высота стояния уровня при максимальном варианте водоподачи ($500 \text{ м}^3/\text{сек}$.) увеличивается примерно на полметра.

Это объясняется тем, что помимо географического расположения р. Ахтубы в целом выше р. Волги, произошли значительные изменения гидравлического режима руслового потока и, как следствие, режима размыва и накопления наносов ниже плотины ГЭС. Уровень воды в русле Волги в меженный период понизился примерно на 1.5 метра, а вход в Волго-Ахтубинский канал оказался существенно заполнен наносами [4]. Таким образом, подаваемая вода по системе ериков и проток частично сбрасывается из Ахтубы в Волгу.

На рис. 1 приведен модельный гидрограф в Волго-Ахтубинском канале при варианте расчета без дополнительной водоподачи в р Ахтубу. Как следует из рисунка, расход воды в канале не имеет отрицательных значений, т.е. смены направления потока не наблюдается, в то время как при дополнительной водоподаче такое явление возможно.



Рис. 1 – Модельный гидрограф в Волго-Ахтубинском Канале, 2006 г.

Гидрографы на рис. 2 иллюстрируют вышесказанный тезис о перетоке воды из Ахтубы в Волгу при дополнительной водоподаче. Примерно через месяц после начала подкачки (13.06) на спаде половодья начинается сток воды из Ахтубы в Волгу, который заканчивается 6 августа, то есть практически одновременно с окончанием подачи воды.



Рис. 2 – Модельный гидрограф расходов воды в Волго-Ахтубинском канале, 2006 г. с дополнительной подкачкой 300 и 500 м³/сек.

Для реализации схемы, учитывающей предотвращение оттока воды в канал, в модели был создан дополнительный узел, моделирующий работу шлюза-регулятора (вододелителя), расположенного в Волго-Ахтубинском канале. Шлюз-регулятор закрывается при начале водоподачи в исток Ахтубы на спаде половодья и открывается после окончания подкачки.

Расчеты гидравлического режима системы водоподачи показывают, что обеспечение прямой водоподачи из Волгоградского водохранилища расходами более 300 м³/сек сопровождается значительными техническими сложностями, связанными с пересечением коммуникаций и ростом скоростей течения вблизи мест стоянки судов, поэтому в дальнейшей работе рассматривались варианты с дополнительной подкачкой воды с расходами 50, 100 и 300 м³/сек.

Рассмотрим работу подпитывающей системы. В первом входном граничном узле в качестве входных значений задавался гидрограф расходов воды в нижнем бьефе Волжской ГЭС в 2006 г. Во входном граничном узле, расположенном в шлюзовом канале, расходы задавались равными 15 м³/сек, соответственно величине потерь на шлюзование. Подкачка в старое русло реки Ахтубы (третий

входной граничный узел) начиналась на спаде половодья при расходе примерно $15000 \text{ м}^3/\text{сек}$ и продолжалась до стабильного установления расходов около $5800 \text{ м}^3/\text{сек}$, соответственно, это период от 15.06 до 04.08.2006 г. В выходных граничных узлах задавались соответствующие уровни Каспийского моря за 2006 г. Шлюз-регулятор в Волго-Ахтубинском канале моделировался плоским затвором шириной 200 м и включался в тот же период.

Анализ результатов моделирования показал, что даже в маловодный год подкачка воды в размере $50 \text{ м}^3/\text{сек}$ не эффективна, поскольку расходы воды в канале, поступающей из Волги, ее превышают; в связи с чем дальнейшее исследование авторы сочли не целесообразным.

Интересен вариант расчета по маловодному 2006 г. с разным режимом подкачки воды в Ахтубу: $300 \text{ м}^3/\text{сек}$ – с 15.05 по 01.08 (как в предыдущем примере), $100 \text{ м}^3/\text{сек}$ – с 5.08. по 15.08; вододелитель на Волго-Ахтубинском канале включен с 15.06 по 15.11. Результаты расчета для п. Средняя Ахтуба приведены на рис. 3 и 4.

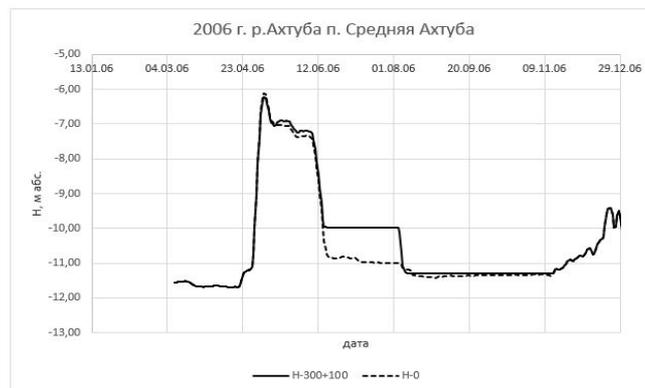


Рис. 3. – Модельные уровни воды в р. Ахтуба при дополнительной водоподаче в р. Ахтубу и без нее, с учетом работы вододелителя; Н(0) – без водоподачи; Н(300+100) – с водоподачей

Результаты расчетов показывают, что предложенный способ моделирования гидрологического режима и режима проточности водоемов и водотоков гораздо более эффективен, чем используемые сегодня в практике различные регрессионные уравнения, связывающие режимные характеристики (уровни воды, расходы, продолжительность, приращения и т.п.) для пойменных водоемов и водотоков. Во-первых, сведения о таких характеристиках, как прави-

ло, отсутствуют, поскольку для их получения требуются обширные многолетние мониторинговые наблюдения и работы, а во-вторых, в силу очевидной упрощенности, эти методы не работают в условиях нарушенного антропогенным фактором гидрологического режима.



Рис.4 – Модельные расходы воды в р. Ахтуба при дополнительной водоподаче в р. Ахтубу и без нее, с учетом работы вододелителя; Q(0) – без водоподачи; Q (300+100) – с водоподачей.

Изучение эффектов, получаемых в результате реализации схем и объемов водоподачи в исток р. Ахтубы с помощью предлагаемой моделирующей системы показало, что необходимы дополнительные регулирующие сооружения, обеспечивающие реализацию требований к водообмену водоемов и водотоков Волго-Ахтубинской поймы.

Литература

1. Горяйнов В.В., Филиппов А.В., Плякин А.В., Золотарев Д.В. Экологическая безопасность природно-хозяйственных систем Волго-Ахтубинской поймы: структура и организация мониторинга водного режима. Волгоградское научное издательство. 2007. 109 с.
2. Sobek-rural. Delft Hydraulics Software manual / Delft. Delft Hydraulic 2004. 250 p.
3. Болгов М. В., Красножон Г.Ф., Шаталова К.Ю. Компьютерная гидродинамическая модель Нижней Волги// Водные ресурсы, 2014, том 41, № 1. С. 10–23.
4. Отчет о научно-исследовательской работе по Государств. контракту (№ гос. рег. 01201376234). Этап 1. ФГБУ ГОИН, 2013, 577 с.