

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
Отделение наук о Земле
ИНСТИТУТ ВОДНЫХ ПРОБЛЕМ
РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДРУЖБЫ НАРОДОВ
Российский фонд фундаментальных исследований

**ТРУДЫ VII КОНФЕРЕНЦИИ
ДИНАМИКА И ТЕРМИКА РЕК,
ВОДОХРАНИЛИЩ
И ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ МОРЕЙ**

Москва, РУДН 23–25 ноября 2009 г.

Москва
Российский университет дружбы народов
2009

ББК 26.222.5
Т 78

Утверждено
РИС Ученого совета
Российского университета
дружбы народов

Рецензенты:

д.т.н. В.К. Дебольский,
д.ф-м.н. В.Н. Зырянов,
д.т.н. Е.И. Дебольская,
к.т.н. Е.Н. Долгополова,
к.г.н. М.В. Михайлова

Т 78 Труды VII конференции «Динамика и термика рек, водохранилищ и прибрежной зоны морей». Москва, РУДН 23–25 ноября 2009 г. – М.: РУДН, 2009. – 528 с.

ISBN 978-5-209-03728-6

В сборник включены доклады VII конференции «Динамика и термика рек, водохранилищ и прибрежной зоны морей». Основная задача конференции – представление и обсуждение наиболее важных и значимых результатов исследований в области динамики и термики водных объектов, полученных в последние пять лет, определение приоритетных направлений исследований в ближайшие годы и их координация.

Конференция посвящена 100-летию со дня рождения одного из основоположников научного направления «Динамика и термика рек и водохранилищ» Бориса Александровича Фидмана.

Все доклады, помещенные в сборнике, отрецензированы. Рецензенты внесли в текст докладов некоторую научную и литературную правку, не изменяющую суть изложенного.

Сборник подготовлен к печати сотрудниками лаборатории динамики русловых потоков и ледотермики ИВП РАН А.В. Котляковым, О.Я. Масликовой, И.И. Грицуком и издан при финансовой поддержке Отделения наук о Земле РАН и Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 09-05-06091-г).

ISBN 978-5-209-03728-6

ББК 26.222.5

© Коллектив авторов, 2009
© Российский университет дружбы народов, Издательство, 2009

СОДЕРЖАНИЕ

Секция «Динамика рек, озер, водохранилищ и прибрежной зоны морей»

Брылев В.А. Динамика половодий в нижнем бьефе Волжской ГЭС	11
Восводин А.Ф., Никифоровская В.С. Комплексная двумерно-одномерная математическая модель для расчета неустановившихся течений воды в проточных системах открытых русел и водоемов	15
Григорьева И.Л. Особенности водного и уровня режимов Ивановского и Угличского водохранилищ	19
Денисов Е.С., Кременецкий В.В. Влияние нестационарного ветрового воздействия на динамику прибрежного течения в двухслойной вращающейся жидкости	25
Есюкова Е.Е. Внутригодовая изменчивость горизонтального водообмена в Балтийском море	32
Жаров И.А. Транспорт взвеси в системах стратифицированных течений	37
Землянов И.В., Горелиц О.В., Павловский А.Е., Шикунова Е.Ю. Уточнение морфометрических характеристик водохранилищ	41
Зырянов В.Н. Сейши в озере, покрытом льдом	49
Иванова И.Н. Система течений с плотностным и сгонно-нагонным потоками в Петрозаводской губе	56
Карпов А.А., Авилкин И.А. О связи расходов струйного и придонного потоков в водоемах с разными типами плотностного расслоения вод	60
Компаниец Л.А., Якубайлик Т.В., Питальская О.С. Гидрофизические характеристики озера Шира (натурные наблюдения)	66
Кременецкий В.В., Денисов Е.С. Влияние подводных каньонов на фронтальные течения над наклонным дном во вращающейся жидкости	70
Лапина Л.Э., Зырянов В.Н. Диффузионные пограничные слои у наклонного берега в море	78
Макаров К.Н., Макарова И.Л. Расчет волн в прибрежной зоне Имеретинской низменности в г. Сочи в условиях подводных каньонов	84
Пуклаков В.В., Пуклакова Н.Г. Водный баланс водораздельного бьефа канала имени Москвы	91
Самолобов Б.И. Динамика систем стратифицированных течений в озерах и водохранилищах	97

распределений горизонтальных и вертикальных скоростей по пространственным переменным для фиксированного момента времени.

3) при достижении расчетным моментом времени конечного вычислительного процесса заканчивается.

Результаты и обсуждения. Эффективность использования разработанных математических моделей, численных методов и алгоритмов для изучения неустановившихся движений воды в системах открытых водотоков демонстрируется применительно к реальным объектам [5].

Частным случаем задачи неустановившихся движений воды в проточных системах водотоков при соответствующих граничных условиях является задача наката волны на пологий берег. Эта задача может возникать, например, при плавном сходе в глубокий водоем (с вытекающей из него реки) части берегового массива (подмыз устьев берега) [6].

Выводы. Разработана комплексная двумерно-одномерная математическая модель, численный метод и алгоритм расчета для расчета неустановившихся течений воды в системах проточных и слабопроточных водоемов и водотоков.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта №16.7 Программы фундаментальных исследований Президиума РАН, гранта НШ № 2260.2008.1. и гранта РФФИ 09-01-98001 Р-Сибирь.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алалыкин Г.Б., Годунов С.К., Киреева И.Л., Плинер Л.А. Решение одномерных задач газовой динамики в подвижных сетках. - Москва: Наука, 1970, 112с.
2. Астраханцев Г.П., Руховец Л.А. Дискретная гидродинамическая модель климатической циркуляции глубокого озера // Вычисл. процессы и системы. 1986. Т. 4. С. 135-178.
3. Blumberg A.F. Numerical model of estuarial circulation // J. Hydraulic Division ASCE. 1977. Vol. 103, N 3. P. 295-310.
4. Vasiliev O.F. Vertical two-dimensional hydrodynamic models of water bodies: the state of the art and current issues // Proc. of the 5th Intern. Conf. On Hydro-Science and Engineering, Warsaw, Poland. 2002. Vol. 5. P.3.
5. Васильев О.Ф., Воеводин А.Ф., Никифоровская В.С. Численное моделирование температурно-стратифицированных течений в системах глубоких водоемов // Вычисл. технологии. 2005. Т. 10, № 5. С. 29-38.
6. Воеводин А.Ф., Никифоровская В.С. Математическая модель для расчета наката волны на пологий берег. Тезисы докладов на 3-ей Всероссийской конференции с участием зарубежных ученых «Задачи со свободными

границами: теория, эксперимент и приложения», 28 июня-3 июля 2008, Бийск, с.34.

7. Воеводин А.Ф., Никифоровская В.С., Овчарова А.С. (1983). Численные методы решения задачи о неустановившемся движении воды на устьевых участках рек. В: Тр. Аркт. и антаркт. Науч.-исслед. ин-та, том 378, Издательство «Гидрометеоиздат», Санкт-Петербург, стр. 23-34.

8. Воеводин А.Ф., Шугрин С.М. (1993). Методы решения одномерных эволюционных систем. Издательство «Наука», Новосибирск.

9. Караушев А.В. Проблемы динамики естественных водных потоков. - Л.: Гидрометеоиздат, 1960. 392 с.

ОСОБЕННОСТИ ВОДНОГО И УРОВЕННОГО РЕЖИМОВ ИВАНЬКОВСКОГО И УГЛИЧСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩ

И.Л. Григорьева

Учреждение Российской академии наук Институт водных проблем РАН, Москва, Россия. e-mail: Irina_Grigorieva@list.ru

Водохранилища — это особый класс водных объектов, которые с одной стороны управляются человеком, а с другой испытывают сильное влияние природных, прежде всего гидрометеорологических факторов.

Главная цель создания водохранилищ — это регулирование стока, которое делается, в основном, в интересах энергетики, ирригации, водного транспорта, водоснабжения и в целях борьбы с наводнениями. Регулирование стока производится путем сработки и накопления объемов воды.

Ведущими факторами, определяющими специфику взаимосвязанных и взаимообусловленных внутриводоемных процессов в водохранилищах, служат водообмен и уровенный режим водоема [1]. Уровенный режим водохранилищ, определяется, как правило, соотношением двух составляющих водного баланса: притоком воды в водохранилище и сбросом ее через гидросооружения. Годовой ход уровня зависит от типа регулирования и назначения водохранилища.

Иваньковское и Угличское водохранилища являются соответственно первой и второй ступенью Волжско-Камского каскада водохранилищ. Заполнение Иваньковского водохранилища было произведено в 1937 г., а Угличского — в 1939 году. Основные проектные характеристики водохранилищ помещены в табл. 1.

Таблица 1. Основные морфометрические характеристики Ивановского и Угличского водохранилища

Характеристика	Ивановское	Угличское
НПУ, м	124,0	113,0
Площадь водного зеркала, км ²	327	249
Объем, км ³	1,12	14
Средняя глубина, м	3,4	5,0
Длина, км	120	146
Наибольшая ширина, км	8,0	5,0

Ивановское и Угличское водохранилища осуществляют сезонное регулирование стока и отличаются единообразием годового хода уровней. Заполнение водохранилищ происходит в период весеннего половодья, в течение всей навигации уровни держатся на отметках, близких к НПУ, и сначала постепенно, а затем резко падают при ледоставе, во время предвесенней сработки запасов водохранилища (рис. 1).

Интенсивное наполнение Ивановского водохранилища после предполоводной сработки начинается в основном в конце марта-апреля и продолжается в среднем 24 дня. В период наполнения ежегодно производится форсировка уровня, примерно на 30 см выше отметки НПУ.

Форсировка уровня Угличского водохранилища наблюдается тоже практически ежегодно, за исключением лет с низким весенним половодьем (1954, 1963, 1964, 1965, 1968, 1971), и составляет обычно 0,6 – 1,0 м. Во время стояния форсированных уровней часто производятся сбросы через водосливы, которые в многоводные годы продолжаются в течение 2-3 недель [2].

На русловых участках обоих водохранилищ, образованных в затопленных частях речных долин, уровенная поверхность в период весеннего половодья существенно отклоняется от горизонтального положения, приобретая форму кривой подпора.

Для обоих водохранилищ характерна межгодовая динамика сработки уровня. По проектным данным сработка в Ивановском водохранилище должна была достигать 6 м. В интересах рыбного хозяйства она была уменьшена и в

настоящее время не превышает 3–3,5 м (рис. 2). Сработка уровня Угличского водохранилища в последние годы составляет 3 – 4 м.

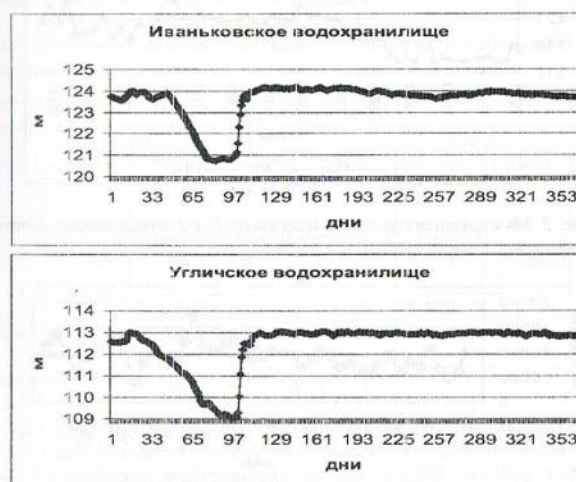


Рис. 1. Внутригодовая динамика уровней воды Ивановского и Угличского водохранилища в многоводном 2005 г.

Анализ изменчивости приходных и расходных частей водного баланса Верхневолжских водохранилищ показывает [4], что за период с 1951 по 1995 гг. в бассейне Верхней Волги наблюдались три фазы водности: многоводная (1951–1962 гг.), маловодная (1963–1976 гг.) и вновь многоводная (1977–1995 гг.). В периоды многоводных фаз объем притока и сброса воды из водохранилищ в большинстве лет превышал среднюю многолетнюю величину, а в маловодную фазу был ниже средней многолетней. Наши исследования показали, что третья многоводная фаза водности в бассейне Верхней Волги закончилась в 1991 г. Начиная с 1992 г. по 2003 г. в бассейне Верхней Волги наблюдалась четвертая маловодная фаза водности. С 2004 г. по 2008 г. объемы притока воды как в Ивановское, так и в Угличское водохранилища превышали среднемноголетнее значение или были близки к нему (рис. 3 - 4), поэтому можно говорить, что в бассейне наблюдается пятая многоводная фаза водности.

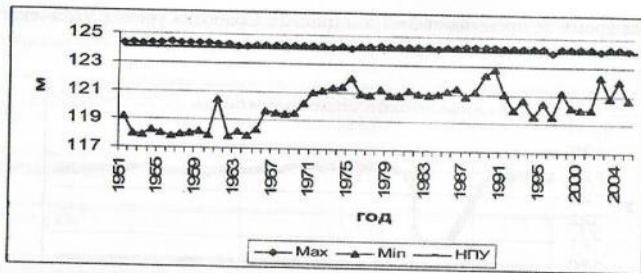


Рис. 2. Многолетняя динамика максимальных и минимальных уровней Иваньковского водохранилища



Рис. 3. Многолетняя динамика объема притока воды в Иваньковское водохранилище

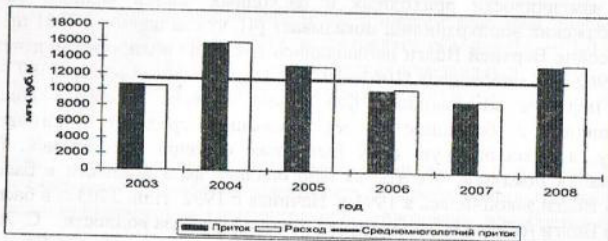


Рис. 4. Динамика объема притока в Угличское водохранилище и стока из него за период с 2003 по 2008 гг.

Основными составляющими водного баланса Иваньковского и Угличского водохранилища являются поверхностный приток в водоем и сброс через Иваньковский и Угличский гидроузлы (табл. 2).

Таблица 2. Средний многолетний баланс Иваньковского и Угличского водохранилища, по [4].

Составляющие баланса							
Приток	Приход			Расход			
	Осадки	Сумма	Пределы изменения	Сток	Испарение	Сумма	Пределы изменения
Иваньковское водохранилище, 1951-1990 гг.							
10.07/98.1	0.190/1.9	10.26/10.0	4.94-17.90	10.09/98.3	0.17/1.7	10.26/10.0	5.22-17.12
Угличское водохранилище, 1948-1990 гг.							
11.46/98.7	1.15/1.3	11.61/10.0	5.35-22.00	11.47/98.8	0.14/1.2	11.61	5.52-22.9

Примечание. Над чертой – км³, под чертой – %

Учет фаз водности весьма важен при расчетах среднего многолетнего объема притока воды водохранилищ Верхней Волги. Согласно [4] объем притока воды в Иваньковское водохранилище за период с 1951 по 1990 гг. составил 10260 млн. куб. м, а по нашим расчетам за период с 1948 по 1998 гг. – 9600 млн. куб. м [3].

Со стоком р. Волги в Иваньковское водохранилище поступает порядка 58% от общего притока, а в Угличское водохранилище – 71% от общего поступления воды. Таким образом, на долю боковой приточности в Иваньковское водохранилище приходится 42%, а в Угличское – 29% от общего поверхностного притока воды.

Для Иваньковского водохранилища нами было рассмотрено соотношение приходной и расходной части водного баланса в многоводном 2005 г. (рис. 5) и экстремально маловодном 1996 г. (рис. 6).

Таким образом, исследования водного режима являются важной составной частью комплексных исследований водохранилищ. Недоучет водности периода может привести к тому, что водохранилище может быть не заполнено до НПУ, а также к значительным ошибкам при прогнозах экологического состояния водоема.



Рис. 5. Соотношение приходной и расходной части водного баланса Иваньковского водохранилища в многоводном 2005 г.



Рис. 6. Соотношение приходной и расходной части водного баланса Иваньковского водохранилища в экстремально маловодном 1996 г.

Объем притока воды в Иваньковское водохранилище в 2005 году составил 11605,7 млн. куб. м, а объем стока - 11621,5 млн. куб. м. В маловодном 1996 г., соответственно, 4380 и 4126 млн. куб. м. В 2005 г. объемы стока воды из водохранилища практически во все месяцы, исключая апрель, когда производилось наполнение водоема, были практически равны объемам стока.

В первые три месяца 1996 г. объемы сброса воды из водохранилища были значительно больше объемов притока, что наряду с небольшим объемом половодья, привело к тому, что водохранилище не было заполнено до НПУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авакян А.Б., Салтанкин В.П., Шараров Е.А. Водохранилища. М.: Мысль, 1987.

2. Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР. Водохранилища Верхней Волги. Л.: Гидрометеоиздат, 1975.
3. Иваньковское водохранилище. Современное состояние и проблемы охраны. М.: Наука, 2000.
4. Экологические проблемы Верхней Волги. Ярославль, 2001.

ВЛИЯНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО ВЕТРОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ДИНАМИКУ ПРИБРЕЖНОГО ТЕЧЕНИЯ В ДВУХСЛОЙНОЙ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ЖИДКОСТИ

Е.С. Денисов*, В.В. Кременецкий**

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия, esdenisov@yandex.ru

**Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

Известно, что структура и интенсивность крупномасштабной горизонтальной циркуляции вод в Мировом океане и окраинных морях в значительной степени определяется ветровым воздействием. Благодаря эффектам трения ветровое воздействие формирует в верхнем слое океана дрейфовое течение, которое под влиянием вращения Земли осуществляет «экмановский перенос» воды интегрально в слое в направлении, перпендикулярном ветру. Вследствие пространственной неоднородности поля ветра и наличия берегов, экмановский перенос имеет конвергентно-дивергентный характер. В результате формируются горизонтальные градиенты давления, с которыми связано возникновение и поддержание градиентных (геострофических) течений. Данный механизм генерации геострофических течений имеет название «экмановской (ветровой) накачки». Скорость ветровой накачки пропорциональна завихренности напряжения трения ветра на поверхности моря. При этом в замкнутых бассейнах создаются благоприятные условия для существования общей горизонтальной циркуляции вод, имеющей тот же знак, что и завихренность напряжения трения ветра.

Другим важнейшим фактором, определяющим динамику и структуру течений в океанах и морях, является топография дна. Сильнее всего этот фактор проявляется в области континентального склона, где глубина океана (моря) меняется от первых сотен метров до нескольких километров. Параметры континентального склона (в первую очередь, крутизна и ширина) влияют на устойчивость течений, на их меандрирование и вихреобразование и на водообмен в системе «шельф-глубокий бассейн».

Особую роль в морских течениях играет также плотностная стратификация. Она в определенной степени «экранирует» верхние слои воды от влияния рельефа дна и препятствует проникновению атмосферного воздействия (потоков тепла и импульса) вглубь моря. Из-за влияния стратификации