

УДК 556.555

В. Н. СИНЮКОВИЧ*, **Н. Н. КУРБАТОВА****, **И. А. ЧЕРНЯВСКАЯ****

*Лимнологический институт СО РАН, г. Иркутск

**Иркутский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды

ВОДНЫЙ РЕЖИМ УСТЬ-ИЛИМСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ПЕРИОД НОРМАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

На основе экспериментальных данных по уровню и элементам водного баланса Усть-Илимского водохранилища характеризуются особенности многолетнего и сезонного режимов его наполнения и сработки в период нормальной эксплуатации (1977–2008 гг.). Показана роль отдельных составляющих прихода и расхода воды в формировании водного режима водохранилища.

Ключевые слова: *уровень, наполнение, сработка, сток, приток, водный баланс.*

Based on experimental data on the level and elements of the water balance of the Ust-Ilimsk reservoir, we outline the characteristic properties of the long-term and seasonal regimes of its impounding and drawdown under normal operation conditions (1977–2008). We demonstrate the role played by the individual components of water input and output in the formation of the reservoir's water regime.

Keywords: *level, impounding, drawdown, discharge, inflow, water balance.*

© 2011 Синюкович В. Н. (sin@lin.irk.ru), Курбатова Н. Н. (cks@irmeteo.ru), Чернявская И. А. (cks@irmeteo.ru)

ВВЕДЕНИЕ

Заполнение Усть-Илимского водохранилища началось в октябре 1974 г. и завершилось в мае 1977 г. Это третье водохранилище в Ангарском каскаде ГЭС, которое по проекту осуществляет сезонное регулирование и должно эксплуатироваться в режиме работы Братской ГЭС. Существующие описания водного режима водохранилища [1–4] или базируются на проектных данных, или относятся к периоду заполнения водоема. Гидрологический режим водохранилища в годы нормальной эксплуатации освещен крайне скудно и, по существу, исчерпывается сведениями, содержащимися в гидрологических ежегодниках, издание которых прекратилось после 1988 г. В результате, несмотря на более чем 30 лет существования, гидрологические особенности Усть-Илимского водохранилища в разные по природным и экономическим условиям периоды остаются недостаточно изученными. Освещение этих оценок становится актуальным в связи с возобновлением строительства Богучанской ГЭС и планируемым заполнением ее водохранилища, которое по режиму эксплуатации во многом будет представлять собой аналог Усть-Илимского.

Указанные обстоятельства определили цель настоящей статьи, состоящую в исследовании сезонных и многолетних закономерностей режима наполнения и сработки Усть-Илимского водохранилища, т. е. его водного режима, в период нормальной эксплуатации (1977–2008 гг.).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалами для исследования послужили опубликованные [5] и фондовые данные режимных гидрометеорологических наблюдений, осуществляемых на Усть-Илимском водохранилище Иркутским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды с региональными функциями (ИЦГМС-Р). В целом изученность основных гидрологических характеристик водохранилища и в первую очередь элементов его водного баланса, определяющих колебания объемов и уровней водоема, нельзя считать достаточной. Рассмотрим некоторые нюансы их формирования и определения.

Уровень водохранилища измеряется в Балтийской системе высот (БС) на озерных постах. Средний уровень водоема рассчитывается как средневзвешенное значение из данных наблюдений на гидропостах с учетом тяготеющей к каждому из них площади водной поверхности. В настоящее время для расчета среднего уровня водохранилища используются наблюдения, произведенные на восьми постах. По проекту нормальный подпорный уровень водохранилища (НПУ) составляет 296,00 м БС, и только в течение периода с февраля по апрель предусматривается его сработка до 1,5 м, а в остальную часть года уровень водоема поддерживается на отметках, близких к НПУ. Максимальная сработка (3,5 м) допускается в исключительно маловодные периоды, а форсирование уровня на 0,5 м выше НПУ — в исключительно многоводные, с обеспеченностью притока 0,01 %.

Объем водохранилища, как и площадь его водной поверхности, определяется по зависимости от уровня. При этом используются средневзвешенные значения уровня, осредненные за 10 дней (± 5 дней). Проектный объем водохранилища при НПУ составляет 59,4 км³ (из них 2,77 км³ — полезный), а его площадь — 1873 км². С 1980 г., после корректировки проектировщиком (Гидропроект) кривых объемов и площадей водохранилища, эти показатели принимаются равными 58,93 км³ (2,74 км³) и 1922 км² соответственно.

Атмосферные осадки, выпадающие на поверхность водохранилища, рассчитываются по результатам фактических наблюдений на береговых метеорологических станциях и постах, при этом допускается равенство выпадения осадков на берегах и на акватории. В разные годы использовалось от семи до девяти пунктов наблюдений за осадками.

Приток в водоем учитывает поверхностный сток по основной реке (Ангаре) и боковую приточность с площади водосбора около 49 тыс. км². Приток по Ангаре принимается по данным учета стока через Братский гидроузел. Боковой приток с изученной территории водосбора учитывается с помощью измерений в замыкающих створах основных притоков, а с неизученной — по модулю стока рек-аналогов. После прекращения наблюдений на р. Илим (1997 г.) изученная площадь сократилась до 7220 км².

Сток из водохранилища оценивается по данным о расходах воды через Усть-Илимскую ГЭС. Вместе с поверхностным стоком учитываются фильтрационные потери через сооружения гидроузла, которые по проектным данным составляют 10 м³/с.

Испарение с акватории водохранилища рассчитывается по формулам, рекомендованным Государственным гидрологическим институтом, использующим данные наблюдений за температурой и влажностью воздуха, температурой подстилающей поверхности и скоростью ветра на береговых станциях. Для зимних месяцев используется формула П. П. Кузмина, а для периода открытой воды — формула А. П. Браславского—З. А. Викулиной [6, 7]. В отдельные периоды на поверхности водохранилища имеет место конденсация водяного пара, которая по данным [3] в мае—июне может преобладать над испарением.

Аккумуляция, или изменение запасов воды в водохранилище, определяется по разности его объемов за расчетное время. Стандарт (режим) наблюдений предусматривает определение объема водохранилища по состоянию на первое число каждого месяца по «кривой объемов» и среднему уровню водоема, как показано выше. Кроме того в аккумуляции учитывается объем воды, заключенный в осевшем на берегах (всплывшем) ледовом покрове при сработке (подъеме) уровня водохранилища. Для этого используются наблюдения за толщиной льда и уровнем воды на озерных постах. Аккумуляция в подземных водах (береговое регулирование) малозначима и учитывалась только в период заполнения водохранилища [2, 8].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как уже отмечалось, уровень Усть-Илимского водохранилища достиг проектной отметки в мае 1977 г. Гидрологические условия водоема в период заполнения подробно описаны [2, 4], поэтому лишь отметим, что основной подъем его уровня (почти 60 м) приходился на первые три месяца начального наполнения. Это позволило уже к началу 1975 г. запустить два первых гидроагрегата.

Хронологический график месячных значений уровня водохранилища (рис. 1) выявляет наличие периодов с различным наполнением водоема. Первые годы нормальной эксплуатации водохранилища проходили в условиях продолжительного маловодья на притоках Байкала и Ангары (1976–1982 гг.), вследствие чего происходила ежегодная сработка значительно ниже уровня мертвого объема (УМО) с минимальной отметкой 292,60 м БС в октябре 1977 г.

Существенная сработка уровня (до 292,66 м) имела место и в 1982 г., однако с 1984 г. его отметки уже не опускались ниже 294,00 м, за исключением одного случая: в апреле 1989 г. уровень снижался до 293,87 м. Указанное понижение было, очевидно, неоправданным, так как наступившая зима 1989–1990 года оказалась сложной в отношении энергообеспечения (маловодье на Енисее, забастовки шахтеров) и потребовала увеличения выработки электроэнергии ангарскими ГЭС, а также сработки многолетних запасов воды в каскаде, восстановление которых продолжалось четыре года [9, 10]. По этим причинам уровень Усть-Илимского водохранилища оставался пониженным до весны 1991 г.

Максимальное же наполнение водохранилища отмечалось в 1983–1988 гг., когда его уровень каждый год превышал НПУ, а в сентябре 1987 г. достиг максимальной высоты за весь период наблюдений — 296,69 м БС. Заметно, что после 1988 г. выход уровня за пределы НПУ происходит сравнительно редко, а максимальное превышение составляет 8 см. Более того, в отдельные годы максимальный уровень водохранилища оставался существенно ниже НПУ. Так, в критический 1998 г. величина недозаполнения достигала 35 см, а соответствующий дефицит водных ресурсов — 0,66 км³.

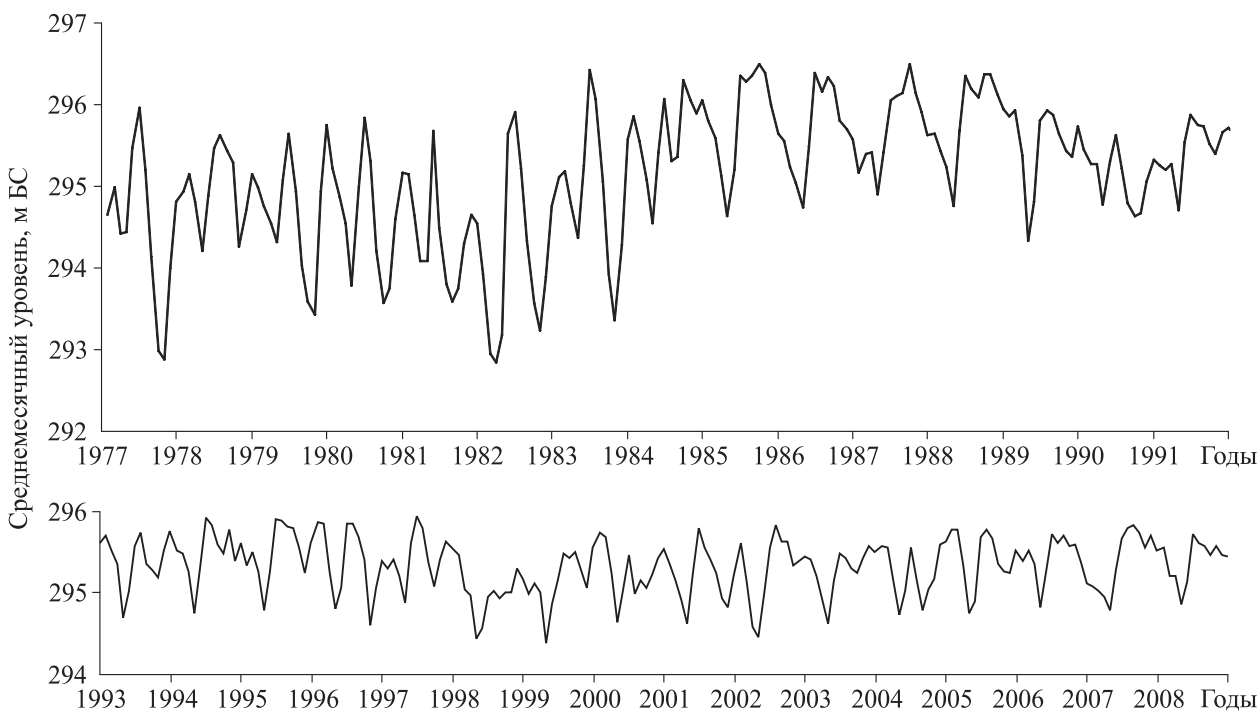


Рис. 1. Среднемесячные уровни Усть-Илимского водохранилища в годы нормальной эксплуатации.

Сработка полезной емкости Усть-Илимского водохранилища, в отличие от Братского, не требует значительного времени на ее восполнение из-за относительно небольшого объема в сравнении с объемами прихода и расхода воды. Соотношение последних, определяющее формирование водного режима водохранилища и оцениваемое элементами водного баланса, в нашем случае практически целиком зависит от объемов поверхностного притока и стока. Эти элементы обеспечивают 99 % прихода и расхода воды, а 90–95 % притока поступает от Братской ГЭС, благодаря чему годовые изменения объемов и уровней водохранилища хорошо согласуются с многолетними колебаниями притока — коэффициент корреляции (R) между ними 0,77.

За период нормальной эксплуатации поверхностный приток в водохранилище изменялся в пределах от 69,55 до 124,57 км³/год при средней величине 99,79 км³/год. Межгодовая изменчивость притока по коэффициенту вариации (C_v), составляет 0,12, что обеспечивает надежное определение среднего значения приточности (ошибка 2,1 %). Диапазон изменений боковой приточности составил 4,38–11,26 км³/год при среднем значении 7,15 км³/год и коэффициенте вариации 0,20.

Сток из водоема через Усть-Илимский гидроузел отличается несколько большими пределами изменений — от 66,16 (1982 г.) до 119,34 км³/год (1995 г.) и в среднем составляет 94,77 км³/год (см. таблицу). Однако коэффициент его вариации и ошибка определения среднего значения получились практически такими же — 0,12 и 2,0 % соответственно. Сезонное регулирование стока и небольшая полезная емкость водохранилища определяют согласованность многолетних изменений стока с притоком ($R = 0,98$), а также с уровнем водохранилища ($R = 0,77$), поэтому отмеченные выше особенности динамики годового притока и уровня во многом относятся и к стоку.

Роль испарения и осадков в водном режиме Усть-Илимского водохранилища очень невелика. Годовое выпадение атмосферных осадков на акваторию водохранилища изменяется от 0,65 (1999 г.) до 0,95 км³ (2008 г.) при среднем значении 0,78 км³ и коэффициенте вариации 0,11. Испарение с водной поверхности водохранилища в среднем несколько ниже и составляет 0,65 км³. При этом его максимальная величина (1,19 км³) зафиксирована в 1990 г., а минимальная (0,28 км³) — в 1988 г. Коэффициент вариации испарения составляет 0,27. В многолетнем ходе осадков и испарения прослеживается явная «зеркальность», что отражается отрицательной корреляцией между ними ($R = -0,51$).

Что касается аккумуляции, то ее изменения полностью отображаются динамикой уровня водоема. За годы нормальной эксплуатации водохранилища наибольшая положительная аккумуляция составляла 1,78 км³ (1983 г.), а отрицательная достигала –1,22 км³ (1992 г.). При начальном заполнении водохранилища аккумуляция была более значительной и, например в 1976 г., достигала 24,5 км³. От начала к концу расчетного интервала (1977–2008 гг.) объем воды в водохранилище увеличился на 1,97 км³.

Следует отметить, что приход и аккумуляция не уравнивают расходные составляющие водного баланса водохранилища, в связи с чем его многолетние значения характеризуются положительной невязкой, в среднем составляющей 5,09 км³/год (5 % прихода) (см. таблицу). В отдельные годы невязка бывает значительно выше, в 1986 г. достигала 8,74 км³. Максимальное месячное значение составляло 1,31 км³. Столь существенные невязки с учетом абсолютных значений каждой из состав-

Средние значения элементов водного баланса Усть-Илимского водохранилища (1977–2008 гг.)

Месяцы	Приход, км ³				Расход, км ³			Аккумуляция, км ³	Невязка	
	приток	в том числе боковой	осадки	всего	сток	испарение	всего		км ³	%
Январь	8,58	0,20	0,04	8,62	8,47	–0,01	8,46	–0,28	0,44	4,9
Февраль	7,90	0,17	0,03	7,93	7,84	–0,01	7,83	–0,35	0,45	5,4
Март	8,01	0,18	0,03	8,04	8,33	0,00	8,33	–0,72	0,43	4,9
Апрель	7,58	0,37	0,04	7,62	7,73	0,03	7,76	–0,39	0,25	3,1
Май	9,86	2,79	0,06	9,92	7,10	0,03	7,13	2,33	0,46	4,6
Июнь	7,71	0,98	0,09	7,80	7,46	0,05	7,51	–0,19	0,48	6,0
Июль	7,91	0,59	0,11	8,02	7,95	0,13	8,08	–0,45	0,39	4,6
Август	8,33	0,49	0,12	8,45	8,38	0,14	8,52	–0,34	0,27	3,1
Сентябрь	8,32	0,43	0,08	8,40	8,24	0,13	8,37	–0,25	0,28	3,2
Октябрь	8,40	0,41	0,07	8,47	7,82	0,12	7,94	0,10	0,43	5,1
Ноябрь	8,30	0,29	0,06	8,36	7,35	0,05	7,40	0,39	0,57	6,8
Декабрь	8,89	0,24	0,05	8,94	8,10	–0,01	8,09	0,21	0,64	7,2
Сумма	99,79	7,15	0,78	100,57	94,77	0,65	95,43	0,06	5,09	5,1

ляющих прихода и расхода воды лишь отчасти могут быть связаны с неточностью учета боковой приточности и, еще в меньшей степени, осадков и испарения. Основная же их доля обусловлена неудовлетворительной точностью учета стока на Братской или Усть-Илимской ГЭС.

Сезонные изменения уровня практически в течение каждого года характеризуются наличием двух циклов (рис. 2, а). В период с января по март осуществляется предполоводная сработка водохранилища, и его уровень в апреле снижается до значений, близких к УМО. Затем уровень начинает повышаться и достигает годового максимума (июнь–июль), после чего до октября происходит его сработка в среднем на метр ниже НПУ. Вторая волна подъема уровня обычно приходится на период с октября по декабрь, при этом зеркало водохранилища устанавливается на отметке около 295,50 м БС.

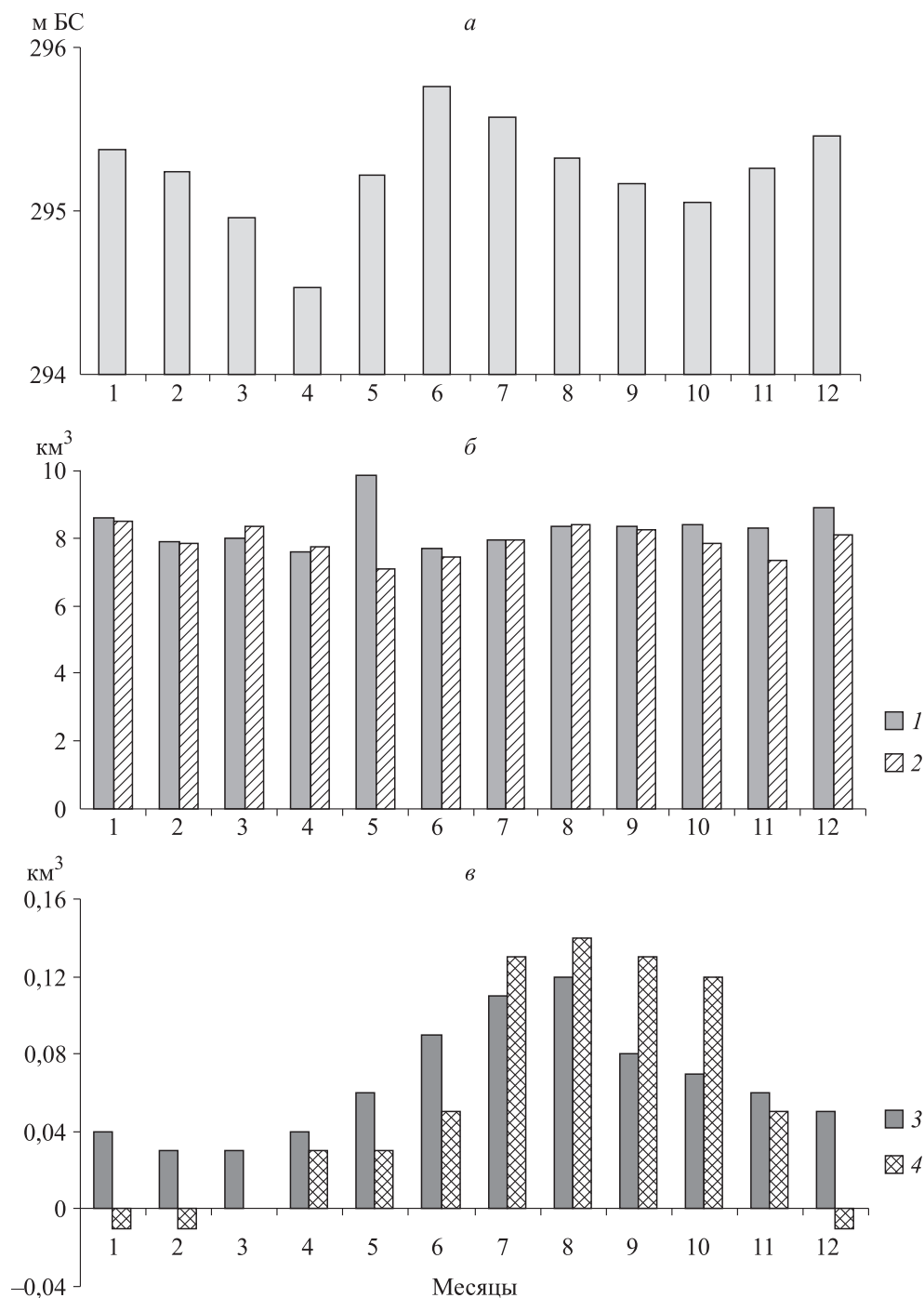


Рис. 2. Средние внутригодовые изменения уровня и элементов водного баланса.

а — уровень; б — приток (1) и сток (2); в — осадки (3) и испарение (4).

В соответствии с предельными значениями наполнения водохранилища амплитуда колебаний его уровня в течение отдельных лет составляет в среднем 1,9 м с максимумом 3,8 м в 1982 г. При этом видно, что годовая амплитуда уровней в первую половину периода нормальной эксплуатации была значительно выше проектных значений и в среднем составляла 2,39 м, тогда как во вторую — только 1,45 м.

Колебания притока воды в водохранилище в течение года (см. рис. 2, б) меняются сравнительно мало. В среднем его наиболее высокие значения наблюдаются в мае (см. таблицу), но максимальное значение приточности ($14,5 \text{ км}^3$) имело место в августе многоводного 1995 года вследствие увеличения расходов воды через Братскую ГЭС. Самый низкий приток обычно наблюдается в апреле, но его абсолютный месячный минимум приходился на март 1993 г. и составлял всего $3,61 \text{ км}^3$. Наибольшая вариабельность притока характерна для августа ($C_v = 0,23$), в то время как для периода с октября по декабрь значение C_v находится в пределах $0,10-0,12$.

Что касается боковой приточности, то ее роль в общем притоке более или менее значима в мае, когда с частной водосборной территории водохранилища поступает от 1 до 5 км^3 воды (до 43 % суммарного притока). Затем боковой приток значительно снижается и в период с июня по август в среднем составляет $1-2 \text{ км}^3/\text{мес}$, а с ноября по март падает до $0,3-0,5 \text{ км}^3/\text{мес}$ (5–6 % общей приточности).

Аналогично притоку распределяется и сток воды через Усть-Илимскую ГЭС в течение года (см. рис. 2, б). Во все месяцы, исключая июнь, их средние значения различаются незначительно. В течение отдельных лет максимум стока отмечен в сентябре 1985 г. ($13,39 \text{ км}^3$), а минимум — в апреле 1982 г. ($2,85 \text{ км}^3$). Столь значительный разброс водности отдельных месяцев в основном является следствием решения текущих задач регулирования (увеличение выработки энергии для компенсации мощностей тепловых станций, судоходство, рыбохозяйственные попуски и др.). В связи с этим наибольшая изменчивость стока характерна для периода предполоводной сработки водохранилища — в марте–апреле ($C_v = 0,21$). Во время максимального наполнения водохранилища (июнь) сток, наоборот, наиболее стабилен ($C_v = 0,06$).

Внутригодовой ход выпадения осадков на акваторию водохранилища и испарения с нее характеризуется более высокой относительной изменчивостью, чем приток и сток, так как осадки и испарение — составляющие общего круговорота воды и в соответствии с его сезонным ходом минимальны зимой и резко увеличиваются в теплое время года (см. рис. 2, в). Месячное количество осадков изменялось от $0,007 \text{ км}^3$ (февраль 1982 г.) до $0,29 \text{ км}^3$ (июль 1988 г.). Испарение же в соответствии с характером влагонасыщения воздуха над акваторией водохранилища, различающегося в зависимости от прогрева или охлаждения вод, имеет минимальные значения зимой и весной, а максимальные — в летне-осенний период (с июля по октябрь).

Весной и в июне низкие величины испарения обусловлены невысокой температурой воды и слабой ветровой деятельностью. Абсолютный максимум испарения приходится на конец лета–начало осени и достигает $0,25 \text{ км}^3$ (сентябрь 1990 г.). В зимнее время, особенно в период с декабря по февраль, преобладают отрицательные значения испарения. Это, однако, может быть следствием занижения показателей испарения, полученных с использованием формулы П. П. Кузьмина, на что указывают расчеты по схеме А. Р. Константинова–В. И. Кузнецова [6].

Аккумуляция воды в водохранилище, следуя внутригодовым изменениям притока и стока, характеризуется столь же выраженным сезонным ходом, что и уровень. Положительная аккумуляция обычно имеет место в мае и с октября по декабрь, принимая в остальные месяцы отрицательные значения. Наиболее существенное пополнение запасов воды в водохранилище происходит в мае (до $4,06 \text{ км}^3$ в 1982 г.), а расходование — в марте, однако максимум сработки, составляющий $2,52 \text{ км}^3$, отмечен в январе 1984 г.

Внутригодовые изменения уровня водохранилища и аккумуляции воды в нем дают наглядное представление о характере наполнения и сработки водоема в течение года. При этом видно, что из-за небольшого полезного объема водохранилища его наполнение в отдельные годы может существенно измениться за один-два месяца при значительной разнице между притоком и стоком. Зимой сработка водохранилища сопровождается дополнительными потерями воды на ледообразование, которое в условиях снижения уровня вызывает оседание льда на берегах и приводит к его временному исключению из кругооборота воды. В период с января по апрель этот вид потерь достигает $0,03-0,04 \text{ км}^3/\text{мес}$, однако в мае с повышением уровня и таяния льда на берегах происходит возврат воды в водохранилище.

Наряду с рассмотренными выше характеристиками следует отметить еще ряд важных элементов гидрометеорологического режима Усть-Илимского водохранилища, в целом не представляющих собой предмет настоящего исследования и требующих отдельного рассмотрения, однако в той или иной мере связанных с режимом объемов и уровней водохранилища. В первую очередь это относится к приточности водоема, которая после затопления речных участков Ангары и Илима резко снизилась. В условиях замедленного водообмена произошла трансформация ледово-термического режима водохранилища, изменилось качество водных ресурсов, значимыми стали волнение и переработка берегов,

изменился режим р. Ангары ниже Усть-Илимского гидроузла и др. Если до 1974 г. полная смена воды на участке затопления занимала около пяти суток, то после заполнения, в соответствии с величиной коэффициента условного водообмена (проточности), составляющего 1,75, на это требуется уже около 200 дней [2, 11].

Фактическая проточность водоема за годы нормальной эксплуатации оказалась меньше из-за некоторого снижения водности в бассейне р. Ангары и оз. Байкал и по соответствующему коэффициенту составила 1,65. Наиболее низкие показатели водообмена приходились на маловодные периоды — в 1982 г. коэффициент проточности снижался до 1,19. В многоводном 1995 году он, наоборот, возрастал до 2,06.

Кроме этого, следует также отметить произошедшее территориальное перераспределение водных ресурсов р. Ангары. В результате затрат воды на заполнение водохранилища сток реки ниже г. Усть-Илимска в 1974–1977 гг. был пониженным. Общее снижение водности за этот период, с учетом насыщения почвогрунтов, слагающих берега и ложе водоема, составило 64,4 км³ [8]. Вместе с тем, указанный объем пополнил общий запас водных ресурсов региона и устойчивый сток р. Ангары.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты отражают достаточно полную и объективную характеристику водного режима Усть-Илимского водохранилища и условий его формирования в период нормальной эксплуатации (1977–2008 гг.). Оценка особенностей режима объемов и уровней водохранилища в годы с разными условиями увлажнения и водохозяйственной обстановкой показала, что некоторые параметры его наполнения и сработки отличались от проектных. Так, максимальный уровень водоема на 19 см превышал предусмотренную форсировкой отметку. В маловодные периоды, наоборот, уровень срабатывался значительно ниже горизонта УМО. В результате многолетняя амплитуда колебаний уровня водохранилища за годы его нормальной эксплуатации достигала 4,09 м. Соответствующее ей изменение емкости составило около 7 км³, что почти втрое превышает полезный объем водохранилища. Дефицит заполнения в отдельные годы не превышал 24 % полезного объема.

Режим наполнения и сработки водохранилища в течение отдельных лет достаточно устойчив и характеризуется двумя сезонными циклами. Основной пик наполнения в среднем отмечается в июне, второй, менее значимый, в декабре–январе. Внутригодовая амплитуда уровней в первую половину периода 1977–2008 гг. была значительно выше проектных значений и в среднем составляла 2,39 м, тогда как во вторую — только 1,45 м.

Основным фактором формирования водного режима водохранилища служит соотношение между приходными и расходными компонентами водного баланса водоема, которые на 90–99 % определяются расходами воды через Усть-Илимскую и Братскую ГЭС. Доля боковой приточности в кругообороте воды в среднем составляет около 7 %, а осадков и испарения не превышает 1 %.

В зависимости от объемов кругооборота воды в водохранилище проточность водоема в отдельные годы различается почти в два раза — коэффициент условного водообмена изменяется от 1,19 до 2,06 при среднем значении 1,65.

Рассчитанные характеристики режима объемов и уровней Усть-Илимского водохранилища вместе с оценками годовых и месячных значений элементов его водного баланса существенно расширяют сведения о гидрометеорологических условиях водоема и режиме использования его водных ресурсов после заполнения. Наряду с этим наличие систематической невязки баланса указывает на необходимость уточнения отдельных статей прихода и расхода воды в водоем, и в первую очередь — стока через ГЭС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Усть-Илимское** водохранилище. Подземные воды и инженерная геология территории / Под ред. М. М. Одиноцова. — Новосибирск: Наука, 1975. — 220 с.
2. **Лацилова В. М.** О гидрологическом режиме Усть-Илимского водохранилища в период наполнения // Труды Зап.-Сиб. регион. науч.-исслед. гидрометеорол. ин-та. — М.: Гидрометеоздат, 1978. — Вып. 37. — С. 54–78.
3. **Степанов Ю. Г., Гета Р. И., Синюкович В. Н. и др.** Водные ресурсы и водный баланс бассейна реки Ангары. — Новосибирск: Наука, 1983. — 254 с.
4. **Иванов И. Н.** Гидроэнергетика Ангары и природная среда. — Новосибирск: Наука, 1991. — 128 с.
5. **Многолетние** данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. — Л.: Гидрометеоздат, 1987. — Т. 1, вып. 13, 14. — 174 с.
6. **Гета Р. И.** Водный баланс Братского водохранилища. — Новосибирск: Наука, 1978. — 135 с.
7. **Гидрометеорологический** режим озер и водохранилищ СССР. Братское водохранилище. — Л.: Гидрометеоздат, 1978. — 166 с.

8. **Синюкович В. Н., Якимов А. А.** Влияние водохранилищ на сток р. Ангары // Гидрофизика и гидрология водоемов. — Новосибирск: Наука, 1991. — С. 134–141.
9. **Савельев В. А.** Современные проблемы и будущее гидроэнергетики Сибири. — Новосибирск: Наука, 2000. — 199 с.
10. **Синюкович В. Н., Мартынова И. А.** Водный режим Братского водохранилища в период нормальной эксплуатации // География и природ. ресурсы. — 2003. — № 3. — С. 105–110.
11. **Verbolov V. I., Sinyukovich V. N., Karpysheva N. L.** Water and mass exchange in the Lake Baikal and storage reservoirs of the Angara cascade // Archiv Hydrobiol. — 1989. — № 33. — P. 35–40.

Поступила в редакцию 2 июня 2010 г.
