

лению экономической эффективности капитальных вложений в орошение земель в Нечерноземной зоне. Минск, 1974. 6. Ми-наев И.В. Расчет оптимальной длины ДМ "Фрегат" при заборе воды из скважины. - "Гидротехника и мелиорация", 1976, № 9. 7. Типовая методика определения экономической эффективности капитальных вложений. М., 1969. 8. Указания по методике определения экономической эффективности капитальных вложений и новой техники в мелиорации. М., 1961.

УДК 627.88 + 624.145.8

Е.М.Левкевич, канд.техн.наук

СРОКИ И ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ЛЕДОВЫХ ЯВЛЕНИЙ НА ВОДОХРАНИЛИЩАХ БССР

Ледовые явления на реках и водохранилищах оказывают существенное влияние на эксплуатацию гидротехнических сооружений, а также на характер процессов, происходящих в береговой зоне. В ряде случаев для эксплуатации сооружений и их проектирования имеют большое значение не только характеристики ледяного поля, определяющие величину нагрузок, но и сроки наступления и окончания ледовых явлений. В частности, переформирования берегов водохранилищ и неукрепленных откосов земляных сооружений, подвергающихся действию волн, происходят только в период, свободный от льда, поэтому правильное определение сроков начала и окончания ледовых явлений способствует более надежному прогнозу переработки берегов.

При этом представляют интерес средние даты за многолетний период, так как процесс переработки берегов происходит в течение ряда лет, а новые формы берега образуются в результате осредненного во времени воздействия гидрометеорологических и других факторов. Этот вопрос имеет существенное значение и для условий Белоруссии, так как водохранилища и озера, расположенные на ее территории, покрываются устойчивым ледовым покровом (кроме аномальных лет с небольшими отрицательными температурами).

В общем случае сроки начала и окончания ледовых явлений, а соответственно и их длительность могут быть определены по данным непосредственных наблюдений. Приближенно

они могут быть установлены по аналогии с другими водохранилищами или озерами, находящимися в сходных условиях, но для этого необходимо иметь обобщенные данные по их ледовому режиму. При полном отсутствии данных наблюдений на сходных водоемах сроки начала и окончания ледовых явлений и их длительность рассчитывают по данным наблюдений за температурой воздуха [2, 5, 8]. Для условий Белоруссии сроки начала и окончания ледовых явлений на водохранилищах могут быть определены по аналогии с другими водоемами по справочным данным [6], составленным на основе материалов наблюдений на озерах и водохранилищах [3, 4].

Учитывая важность рассматриваемого вопроса для прогноза переработки берегов, а также то, что в последние годы накопились новые данные наблюдений за ледовым режимом на водохранилищах и озерах, мы произвели проверку имеющихся рекомендаций по установлению сроков начала и окончания ледовых явлений и исследовали возможность применения некоторых методик при отсутствии данных наблюдений. Для изучения вопроса о длительности безледного периода нами были собраны данные по нескольким водохранилищам и озерам, на которых проводятся длительные наблюдения (табл. 1).

Данные о сроках начала и окончания ледовых явлений по выбранным водоемам брались из гидрологических ежегодников [3, 4]. При неустойчивом начале ледостава ежегодные сроки устойчивого ледостава определялись по общепринятой методике: если продолжительность перерыва была больше периода первого ледостава, за срок его наступления принималась дата повторного ледостава; если перерыв в ледоставе был меньше длительности первого ледостава, за начало его принималась дата первоначального установления. Затем были подсчитаны средние сроки начала и окончания ледостава и длительность безледного периода (табл. 1).

С целью проверки возможности использования осредненных данных для обобщений определялась изменяемость изучаемого явления за многолетние. Для этого строились графики изменения начала и окончания ледовых явлений на Осиповичском водохранилище, а также аналогичные графики по осредненным данным для исследованных водоемов (рис. 1). Как видно рис. 1, точки, соответствующие характерным срокам в каждом году, располагаются симметрично по обе стороны прямых, выражающих их среднее значение, что говорит о неизменяемости климатических и местных условий за рассматриваемый период.

Таблица 1. Сроки начала и окончания ледовых явлений на водоемах БССР (по данным наблюдений и расчетные)

Наименование водоема (водохранилища)	Характеристика водоема		Период наблюдений	Число лет наблюдений	замерзание			
	площадь, км ²	средняя глубина, м			наблюд.		расчетн.	
					средн. дата	откл. от средн.	дата	откл. от наблюд.
Бассейн								
Тетеринское	4,6	0,55	1966-69	4	28.11	+2	25.11	-3
Чигиринское	23,4	2,67	1966-71	6	29.11	+3	29.11	0
Заславское	31,1	3,5	1961-71	9	28.11	+2	29.11	+1
Осиповичское	11,9	1,5	1958-71	11	29.11	+3	27.11	-2
Оз. Выгоновское	26,0	3,5	1964-71	8	23.11	-3	3.12	+10
Оз. Червовое	43,7	2,0	1959-71	10	<u>20.11</u> 26.11	-6	<u>3.12</u> 29.12	+13
Бассейн								
Лепельское *	8,9	5,0	1969-70	2	5.12	+8	3.12	-2
Оз. Дрисвяты *	33,3	6,0	1957-70	13	30.11	+3	5.12	+5
Оз. Лукомльское	36,2	5,0	1957-70	14	2.12	+5	1.12	-1
Оз. Мядель	17,1	5,8	1968-70	5	28.11	+1	7.12	+9
Оз. Нещерло	27,4	3,5	1957-70	14	23.11	-4	27.11	+4
Оз. Освейское	48,6	1,3	1957-70	14	19.11	-8	24.11	+5
Оз. Дрисвяты	45,2	4,0	1957-70	14	28.11	-1	5.12	+7
Оз. Отолово	7,6	3,5	1957-70	14	<u>25.11</u> 27.11	-2	<u>29.11</u> 1.12	+4

Примечание: Звездочкой отмечены зарегулированные озера.

Ледовые явления									
оттаивание				продолжительность ледостава, дни		продолжительность безледного периода			
наблюд.		расчетн.		наблюд.	расчетн.	наблюд.		расчетн.	
средн. дата	откл. от средн.	дата	откл. от наблюд.			дни	откл. от средн., дни/%	дни	откл. от средн., дни/%
р. Днепр									
1.04	+6	12.04	+11	124	138	241	+8/3,3	227	-14/6,2
5.04	-1	8.04	+3	127	130	238	+5/2,1	235	-3/1,3
16.04	+10	17.04	+1	139	139	226	-7/3,1	226	0/0
11.04	+4	10.04	-1	133	130	232	-1/0,4	235	+3/1,3
8.04	+1	7.04	-1	136	125	229	-4/1,4	240	+11/4,6
<u>5.04</u>	-2	<u>5.04</u>	0	<u>132</u>	<u>119</u>	<u>233</u>	<u>0/0</u>	<u>246</u>	<u>+13/5,3</u>
7.04		10.04		132	130	233	/1,5%	235	/3,8%
р. Западная Двина									
5.04	-14	13.04	+8	121	131	244	+21/8,6	234	-10/4,3
15.04	-4	13.04	-2	136	139	229	+6/2,6	226	-3/1,3
3.04	-16	8.04	+5	142	146	223	0/0	219	-4/1,8
21.04	+2	15.04	-6	144	129	221	-2/0,9	236	+14/5,2
21.04	+2	19.04	-2	149	143	216	-7/3,2	222	+6/2,7
20.04	+1	19.04	-1	152	146	213	-10/4,7	219	+6/2,7
17.04	-2	19.04	+2	141	136	224	+1/0,4	229	+5/2,2
<u>19.04</u>	0	<u>19.04</u>	0	<u>142</u>	<u>138</u>	<u>223</u>	<u>0/0</u>	<u>227</u>	<u>+4/1,8</u>
19.04		16.04		143	139	223	/2,5%	227	/2,8%

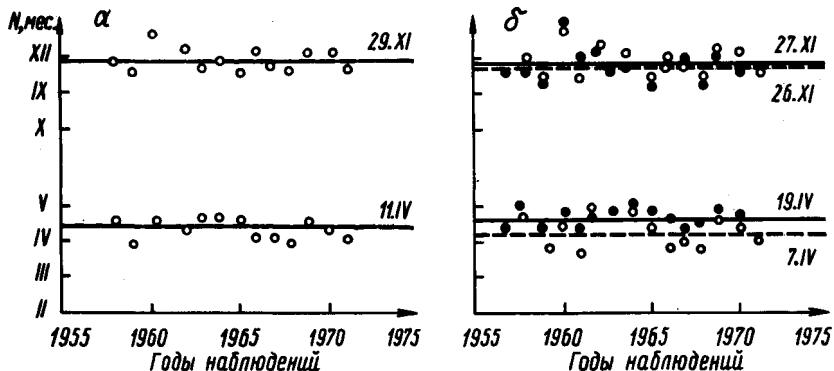


Рис. 1. Сроки начала и окончания ледовых явлений (N) на водохранилище Осиповичской ГЭС (а) и изучаемых водоемах (б) (табл 1): (сплошные линии - бассейн р. Днепр, штриховые - бассейн р. Зап. Двина).

С целью проверки возможности использования метода аналогии для установления сроков ледостава и оттаивания по данным близко расположенных водоемов были построены графики связи сроков замерзания и вскрытия ряда водохранилищ и озер (рис. 2). Анализ полученных данных показал, что нет полной аналогии в этих сроках для двух водоемов. Лишь в отдельных случаях отмечалась связь между сроками замерзания (рис. 2).

При дальнейшем анализе полученных данных была произведена проверка существующих связей и сделана попытка установления новых между сроками ледообразования и стаивания с факторами, их обуславливающими.

В общем случае на внутренних водоемах сроки ледостава и процесс формирования ледяного покрова зависят от теплозапасности воды в водоеме, интенсивности-теплотдачи водной массы,

обусловленной скоростью ветра и термическим состоянием атмосферы. Ледовые явления зависят также от термического и механического воздействия вод притоков и от характера колебаний уровня. Совместный учет всех этих факторов представляет собой сложную задачу.

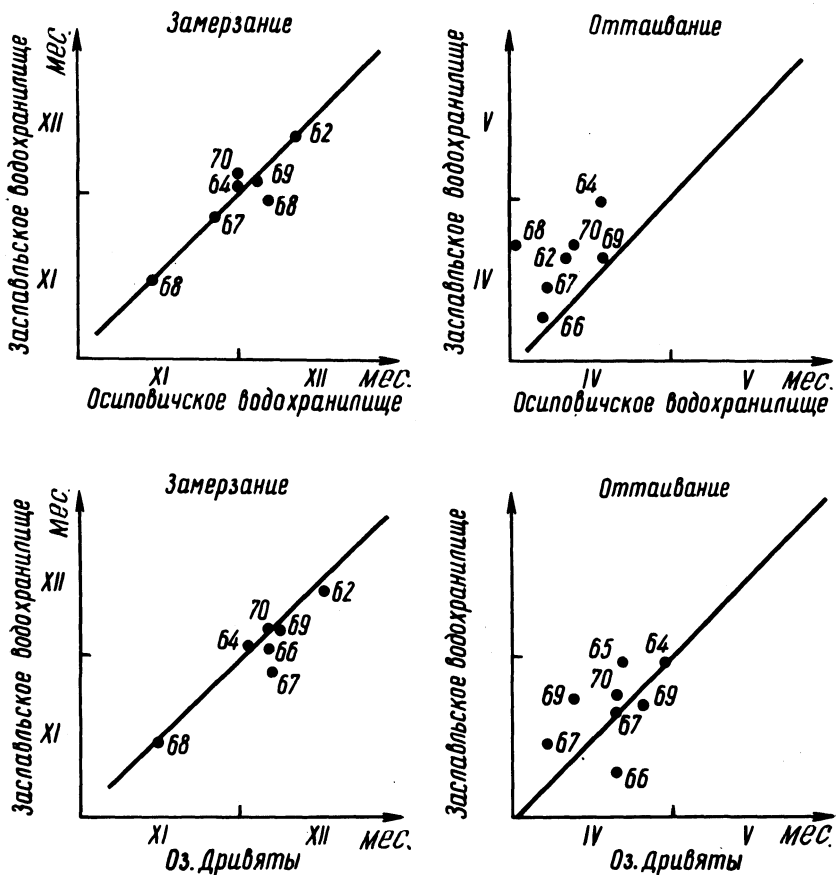


Рис. 2. Графики связи дат заморозания и вскрытия водохранилищ и озер (цифры у точек - годы наблюдений).

В первую очередь была рассмотрена возможность связи между датами перехода температуры воздуха через 0° и сроками начала и окончания ледовых явлений. Считается установленным [1, 5], что прямая связь между указанными сроками отсутствует. С целью проверки этого положения для исследованных объектов были построены графики зависимости между датами перехода температуры воздуха через 0° и характер-

ными сроками ледообразования (данные о температуре воздуха брались для ближайшей метеостанции по справочнику [7]). Как и следовало ожидать, графики показали, что связь между указанными характерными датами отсутствует (рис. 3).

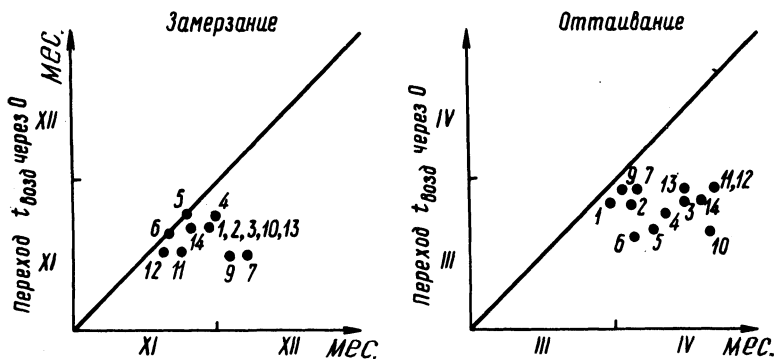


Рис. 3. Зависимость между датами перехода температуры через 0° и датами замерзания и оттаивания водоемов (цифры у точек - номера водоемов по табл. 1).

Широкое распространение получило положение, что сроки ледостава зависят от суммы отрицательных температур воздуха предледоставного периода с момента перехода этих температур через 0° [1, 5]. В свою очередь имеется связь между суммой этих температур и глубиной водоема (рис. 4), в какой-то мере характеризующей его теплозапас [5, 6].

Сроки таяния льда зависят от количества тепла, затрачиваемого на таяние снегового и ледяного покрова, мощность которого зависит от суммы отрицательных температур воздуха зимнего периода. На рис. 5 представлена связь между этими параметрами по данным В.В.Пиотровича [5, 6]. На рис. 4, 5 нанесены также точки, соответствующие значениям сумм отрицательных температур для исследуемых водоемов.

Как видно, для исследованных водоемов более удовлетворительно прослеживается связь между глубиной водоемов и суммой отрицательных температур до замерзания. Несколько хуже прослеживается связь между суммой отрицательных температур зимы и положительных весны при оттаивании. Последнее объясняется малым количеством наблюдаемых объектов, а также тем, что на малых водоемах второстепенные факторы (ветер, лесистость, общие условия теплообмена) приобретают большую значимость, чем на крупных водоемах, для которых зависимость, представленная на рис. 5, была получена в [5].

Проведенный анализ имеющихся данных показал, что оценка изучаемых явлений может быть дана по осредненным данным, приведенным в табл. 1. Как видно, среднемноголетние значения отдельных характеристик ледового режима для отдельных объектов имеют небольшие отклонения от среднего значения, причем наибольшие отклонения приходятся на долю Лепельского водохранилища.

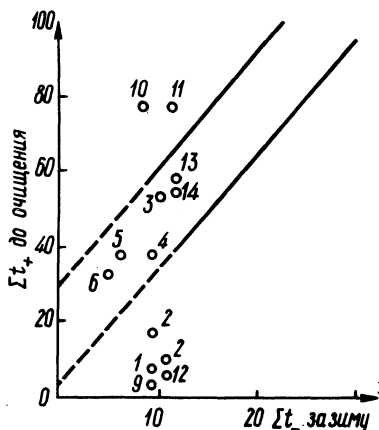


Рис. 4. График связи суммы отрицательных температур, необходимых для замерзания водоема со средней глубиной.

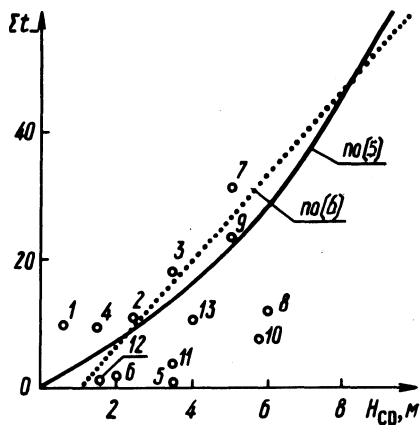


Рис. 5. График связи сумм среднесуточных положительных температур воздуха за день очищения от льда и сумм отрицательных среднемесячных температур воздуха за зиму.

Для оценки надежности сроков начала и окончания ледостава, которые могут быть получены расчетным путем, данные подсчитанные по методике В.В.Пиотровича [5], сравнивались с осредненными данными наблюдений. В основе этой методики лежит положение, что сроки замерзания водоема связываются с суммой отрицательных температур воздуха после устойчивого перехода их через 0° . Сроки же таяния определяются в зависимости от двух факторов: с одной стороны, от запаса холода (льда и снега), который может характеризоваться суммой среднемесячных температур за период ледостава, а с другой, — от количества тепла, которое имеется в атмосфере и характеризуется суммой среднесуточных температур после перехода через 0° (детально методика расчетов изложена в работе [5]).

По рекомендованной методике нами были для каждого объекта произведены подсчеты сроков замерзания, очищения от льда и длительности безледного периода, а затем произве-

дено сравнение в табличной форме и графически (рис. 6) полученных результатов с данными наблюдений. При этом сравнение сроков наступления производилось по дням, а длительности – по дням и в процентах. Отмечена достаточно близкая сходимость между наблюдаемыми характеристиками ледового режима и расчетными. Наибольшее отклонение в датах замерзания – 13 дней, в датах оттаивания – 8 дней, по длительности безледного периода – 14 дней, что составляет около 5%. Среднее же отклонение длительности безледного периода составляет 3,3%.

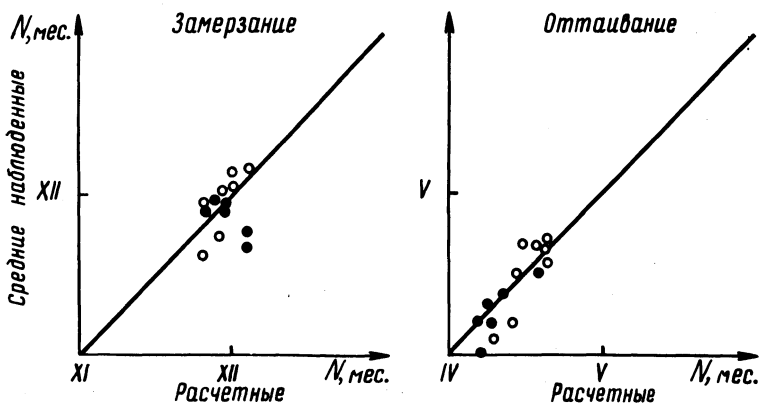


Рис. 6. Сравнение наблюдаемых средних и расчетных дат замерзания и оттаивания водохранилищ.

Таким образом, на водохранилище сроки начала и окончания ледовых явлений могут быть определены по данным натурных наблюдений или расчетным методом с достаточной для практики точностью [5]. Можно сделать следующие выводы по срокам и длительности ледовых явлений на водохранилищах, расположенных на территории БССР:

1) для расчетов переработки берегов водохранилищ принимается, что замерзание относительно крупных водоемов на всей территории республики происходит почти одновременно в третьей декаде ноября (средние даты для водоемов южной и северной частей республики – 26-27.11);

2) сроки очищения зеркала водоемов от льда разные для отдельных частей территории республики. На водоемах, расположенных в северной части республики (бассейн р. Зап. Двина), очищение происходит в конце второй декады апреля (средняя дата 15.04), в южной и восточной областях республики происходит раньше, примерно, на 7 дней (средняя дата 7.04);

3) в соответствии со сроками начала и окончания ледовых явлений длительность безледного периода для водоемов северной части республики может быть принята 223 дня (7,5 месяцев), а для южной и юго-восточных частей республики 233 дня (8 месяцев). Для приближенных расчетов длительность безледного периода может быть принята для всей территории республики одинаковой - 7,5 месяцев (с 15 апреля по 1 декабря);

4) методика определения сроков начала и окончания ледовых явлений на озерах и водохранилищах, приведенная в работе В.В.Пiotровича [5], дает удовлетворительную сходимость с данными натуральных наблюдений.

Резюме. Для расчета переработки берегов водохранилищ, расположенных на территории БССР, длительность безледного периода может быть принята равной 7,5 месяцев (с 15 апреля по 1 декабря).

Л и т е р а т у р а

1. Богословский Б.Б. Озероведение. М., 1960.
2. Булатов С.Н., Пиотрович В.В. Расчеты и прогнозы дат очищения от льда водохранилищ. - "Труды координационных совещаний по гидротехнике. Ледотермический режим свободных рек и подпертых бьефов и его регулирование". 1968, вып. 42.
3. Гидрологические ежегодники. Т. II., вып. 2,3. Бассейн р. Днепр. Л., 1958 - 1971.
4. Гидрологические ежегодники. Т. 1, вып.4. Бассейн р. Зап. Двина. Л., 1957 - 1971.
5. Пиотрович В.В. Образование и стаивание льда на озерах-водохранилищах и расчет сроков ледостава и очищения. М., 1958.
6. Ресурсы поверхностных вод СССР, Т. 5. Белоруссия и верхнее Поднепровье. Ч. 1. Л., 1966.
7. Справочник по климату СССР. Вып. 7. Температура воздуха и почвы. М., 1965.
8. Шуляковский Л.Г. Появление льда и начало ледостава на реках, озерах и водохранилищах. М., 1960.

УДК 626.86.003.1

А.И.Алтунин, канд.техн.наук, С.В.Валицкий

К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В ГИДРОМЕЛИОРАТИВНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Современные методы организации, планирования и управления строительством основываются на разработке и анализе