

ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ, ГЕОМОРФОЛОГИЯ

УДК 556.535.5

В.Г. Калинин

ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ДИНАМИКИ ТОЛЩИНЫ ЛЕДЯНОГО ПОКРОВА НА РЕКАХ ВОДОСБОРА ВОТКИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

V.G. KALININ

ESTIMATION OF EXISTENTIAL DYNAMICS OF THE ICE COVER THICKNESS ON THE RIVERS OF THE BASIN OF VOTKINSKOE WATER STORAGE RESERVOIR

Пермский государственный университет, 614990 г. Пермь, ул. Букирева, 15, e-mail: kalininvg@psu.ru

На основе анализа среднесуточных данных наблюдений за толщиной ледяного покрова на реках дается характеристика его пространственно-временной динамики, на которую заметное влияние оказывают зональные и азональные природные и антропогенные факторы.

К л ю ч е в ы е с л о в а: река; толщина льда; высота снега на льду.

Организация работ в гидротехническом и транспортном строительстве, на водном транспорте, при эксплуатации водозаборных сооружений и т.д. и обеспечение безопасности при выполнении этих работ невозможны без знания ледового режима водных объектов. Поэтому выявление закономерностей процессов нарастания толщины льда на реках и его пространственно-временной динамики представляет научный и практический интерес для многих водопользователей и водопотребителей.

Период ледостава на реках начинается с формирования отдельных ледяных перемычек в местах уменьшения скоростей течения, расположения островов и на поворотах русла, где характерно образование широких заберегов.

Как отмечает А.Н. Чижев [16], к большой пространственной неоднородности начальной толщины ледяного покрова приводит изменчивость гидрологических условий по длине водоема, а значительную вариацию в многолетнем разрезе обуславливает изменчивость водности и метеорологических условий в период замерзания в отдельные годы. По данным гидрологических ежегодников можно лишь отчасти характеризовать начальную толщину ледяного покрова, поскольку его действительная начальная толщина нам неизвестна, так как она всегда меньше, чем первая в сезоне измеренная толщина ледяного покрова, данные о которой публикуются в гидрологических ежегодниках. Это происходит из-за того, что наблюдатель по условиям техники безопасности может выйти на лед, чтобы измерить его толщину, только через некоторое время после установления ледостава.

Изучению процессов нарастания толщины льда в период ледостава на реках и водохранилищах посвящено большое количество публикаций (1, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 16 и мн. др.). Методика расчета толщины ледяного покрова, основанная на методе теплового баланса, детально изложена в [14]. Там же отражены разработки ученых Гидрометцентра [2, 13], посвященные расчетам толщины ледяного покрова водных объектов в начальный период после установления ледостава.

Однако эти работы в меньшей степени затрагивают вопросы, связанные с особенностями процессов нарастания толщины ледяного покрова в течение зимнего периода на разных реках в пределах какой-либо территории. С целью выявления основных закономерностей пространственно-временной динамики толщины льда и высоты снега на льду выполнены исследования для рек водосбора Воткинского водохранилища. Исходными материалами послужили среднесуточные, максимальные и минимальные значения, вычисленные на конец каждого месяца за период с 1956 по 1995 гг. по данным наблюдений на гидрологических постах.



Сеть пунктов наблюдений за толщиной льда на реках водосбора Воткинского водохранилища

Нарастание льда происходит в результате теплообмена между ледяным покровом и атмосферой при отрицательном балансе тепла. Значительное влияние на распределение толщины льда по акватории оказывает снежный покров. Анализ результатов обобщения материалов наблюдений показал, что высота снега на льду составляет в среднем 50 % от толщины льда в январе, 40 % в феврале и в марте уменьшается до 30 %. При этом на северных реках высота снега на льду в среднем на 5 % больше, чем на южных, что объясняется зональными закономерностями распределения осадков по исследуемой территории. Аналогичная картина наблюдается и при сравнении горных и равнинных рек. По данным наблюдений на гидрологических постах практически на всех реках отмечается наличие снежного льда, который формируется при выходе воды на лед и замерзании затопленного водой снега.

После образования ледостава нарастание толщины ледяного покрова на реках территории водосбора происходит по-разному, в зависимости от температуры воздуха, высоты снега на льду, гидрологических и морфометрических характеристик водотока и особенностей подземного питания. Так, к концу ноября толщина льда изменяется на разных реках от 19 до 25 см. Минимальные значения отмечены на юго-западе территории водосбора, на реках Очер, Тулва, Ирень, Бабка, верховьях Обвы и Камы. Некоторое увеличение толщины льда наблюдается с юго-запада на северо-восток, где максимальные значения составляют 25 см (р. Березовая, нижнее течение Вишеры и Язьвы). В верховьях горных рек (Вишеры, Косьвы, Вильвы, Койвы) толщина ледяного покрова уменьшается до 20 см, вследствие увеличения скоростей течения, которые препятствуют нарастанию льда с нижней поверхности.

К концу декабря толщина льда на реках в среднем достигает 36 см, при этом пространственное распределение существенно не меняется. Лед толщиной от 31 до 35 см наблюдается на реках запада и юго-запада территории, а также в горной части. Область максимальной толщины льда в декабре (40–42 см) отмечается в нижнем течении рек Колвы, Вишеры, Березовой, Язьвы, а также в среднем течении Камы.

В январе толщина льда в среднем на реках рассматриваемой территории составляет 49 см. Минимальные значения толщины льда наблюдаются на Весляне, Обве, Сиве и Верхней Каме (42–43 см). На северо-востоке толщина льда увеличивается и достигает 53–56 см. На реках горной части водосбора Воткинского водохранилища отмечается уменьшение толщины льда до 43–45 см по вышеуказанным причинам.

В феврале наблюдается дальнейшее увеличение толщины ледяного покрова, которая изменяется на разных реках от 47 см на юго-западе до 65 см на р. Каме у п. Тюлькино. На большинстве рек водосбора толщина льда составляет в среднем 56 см. Область максимальных значений толщины льда в феврале увеличивается и захватывает не только северные водотоки, но и реки, расположенные южнее, такие как Косьва, Барда, Вогулка. В горах толщина льда не превышает 50 см.

В конце марта разница в толщине льда на разных реках достигает 20–25 см. К этому времени ее значения в нижнем течении рек Колвы, Вишеры, Березовой, Язьвы, Камы составляют 63–71 см.

Наибольшая интенсивность нарастания льда отмечается в начале ледостава. С выпадением снега она снижается и в марте не превышает 3–5 см в месяц. Как показали исследования Г.С. Калинина [5], развитие этого процесса на равнинных и горных реках неодинаково. На последних чаще отмечаются случаи увеличения интенсивности роста во второй половине зимы, в феврале – марте, за счет образования водно-снегового льда.

Своего максимума (по среднеголетним данным) толщина льда в целом за зиму достигает в конце марта – начале апреля на реках севера, северо-восточного водосбора (нижнее течение Колвы, Вишеры, Язьвы, Камы, Яйвы, Косьвы), на остальных водотоках в период с 20 по 31 марта.

Для правых притоков Камы, таких как Коса, Лолог, Иньва, Велва, Обва, Сива, характерно более спокойное течение и устойчивый ледостав с максимальной толщиной льда на конец марта по среднеголетним данным от 56 см на Обве до 63 см на Велве и Куве. На р. Очер максимальная толщина льда за зиму достигает 53 см. В среднем течении рек Сылвы и Чусовой, а также на их притоках (Барда, Вогулка, Серебрянка) наибольшей толщины лед достигает в конце марта (57–64 см).

По длине крупных рек, таких как Кама и Чусовая, наблюдается плавное увеличение толщины льда вниз по течению, что объясняется уменьшением скоростей течения (в том числе на перекатах), увеличением ширины и глубины водотока. Так, например, в марте на р. Каме толщина льда увеличивается от 55 см (г/п Ширяевский и Волосницкое) до 65 см (Гайны) и 70 см (Бондюг). На р. Чусовой – от 49 см (Косой Брод), 58 см (Староуткинск) до 60 см (Кын).

В суровые зимы лед может нарастать за зиму до 100 см и более, а в теплые – не превышать 30–60 см. Так, в холодные зимы 1956–57, 1966–67, 1971–72 гг. и др. на северных реках (нижнее течение Камы, Вишеры, Язьвы, Колвы, Яйвы) толщина льда в конце марта составляла от 78 до 107 см, на остальных водотоках – в среднем 78 см, изменяясь в пределах от 64 до 94 см. На реках Велва, Вогулка, Койва, Кува толщина льда к концу зимы достигала 107–127 см. В отдельных случаях это связано с частичным перемерзанием рек и образованием наледей.

В теплые зимы 1977–78, 1967–68, 1982–83 гг. и др. на северных реках толщина льда в конце марта составляла 40–54 см, на остальных водотоках – в среднем 33 см, изменяясь в пределах от 17 до 46 см.

На рассмотренные общие зональные закономерности процессов нарастания и пространственного распределения толщины ледяного покрова существенное воздействие оказывают местные азональные природные и антропогенные факторы. К числу природных следует отнести рельеф, влияние которого рассмотрено выше. На малых водотоках с площадью водосбора менее 500 км² в холодные годы наблюдается частичное (Кутим – Кутим) или даже полное (Кува – Кува, Омелевка – Полдневая, Стебенька – Полдневая) промерзание, а в местах выхода подземных вод отмечаются наледи (Пильва – Усть-Кайб, Кутим – Кутим, Уролка – Пашиб, Вильва – Нововильвенский).

Выявленные особенности подтверждают исследования И.М. Коробкова [7], который отмечал, что для рек водосбора, таких как Койва, Вильва, Лысьва, Уролка, Тулва, характерно образование донного льда и наледей. Оно обусловлено продолжительной суровой зимой и связанным с ней промерзанием русла, а также обилием на горных реках порогов и перекатов, служащих очагами образования донного льда. На мелких реках в местах их разветвления на отдельные потоки и рукава, обычно неглубокие, нарастание льда может привести к закупорке русла. В этом случае поступающая с верхних участков вода вырывается на поверхность льда и, разливаясь по нему тонким слоем и застывая, образует наледь.

На средних и крупных реках в местах выхода подземных вод или на участках с быстрым течением (перекатах) всю зиму могут удерживаться полыньи. Как показывают исследования А.Н. Чижова (1990), на перекатах, особенно в районах их верхней границы, наблюдается уменьшение толщины ледяного покрова. Такая же закономерность отмечается и на крутых излучинах, на которых у внешнего берега часто сохраняется полынья. В пределах плесовых участков с большими глубинами и пониженными скоростями течения придонные слои воды вследствие уменьшения турбулентного перемешивания приобретают некоторый запас тепла за счет его притока от дна, выражающийся в повышении температуры воды до нескольких сотых градуса. В начале мелководной зоны, где резко увеличивается турбулентное перемешивание, накопленное тепло растрачивается на таяние ледяного покрова. По этой же причине поддерживаются полыньи на закругленных участках у внешнего берега, где к поверхности выходят глубинные воды. Пространства открытой воды на быстротоках и порожистых участках рек поддерживаются в основном в результате механического воздействия потока на кромку ледяного покрова.

В случае расположения пункта наблюдений ниже переката или места выхода подземных вод наблюдателем фиксируются более низкие значения толщины льда по сравнению с другими гидрологическими постами на соседних водотоках. Таких пунктов достаточно много: Вишерка – Фадино, Вишера – Вая, Колва – Чердынь, Обва – Карагай, Гайва – Плотинка, Мулянка – Субботино, Бабка – Балалы, Чусовая – Косой Брод, Сулем – Галашки, Сайгатка – Красильниково и др.

На реках, водосборы которых сильно закарстованы (Ирень – Шубино, Иргина – Шестаково, Кунгур – Голухино), наблюдаются более частые выходы подземных вод, увеличивающие температуру воды в реке, что препятствует нарастанию толщины льда. На этих водотоках в течение всего зимнего периода наблюдается неустойчивый ледостав и сплошной ледяной покров отмечается лишь в сильные морозы.

К числу антропогенных азональных факторов, оказывающих влияние на толщину льда, следует отнести сбросы из вышерасположенных прудов (Иньва – Кудымкар, Очер – Казымово, Лолог – Сергеевский) и Широковского водохранилища (Косьва – Останино). На этих пунктах наблюдений также отмечаются либо более низкие значения толщины льда (особенно в конце зимы), по сравнению с другими постами на соседних реках, либо ежегодное образование наледей (Лолог – Сергеевский). Гораздо более существенное влияние на процессы формирования, нарастания толщины и разрушения льда оказывают сбросы шахтных (Усьва – Усьва) и подогретых вод промышленных предприятий. К последним следует отнести сбросы Яйвинской ГРЭС (Яйва – Усть-Игум), Чусовского, Лысьвинского,

Пашийского металлургических заводов (Чусовая – Лямино, Вижай – Пашия). На р. Вижай по данным многолетних наблюдений у п. Пашия ледостава не наблюдается совсем в течение всей зимы. Имеют место лишь отдельные ледовые явления (ледоход, забереги).

Таким образом, на процессы нарастания и пространственно-временной динамики толщины ледяного покрова на реках водосбора Воткинского водохранилища оказывают влияние как зональные, так и азональные природные и антропогенные факторы, которые необходимо учитывать при организации переправ и переходов через реки.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 07-05-96045).

Библиографический список

1. *Быдин Ф.И.* Развитие некоторых вопросов в области ледового режима водоемов // Тр. III Всесоюз. гидрол. съезда. Л.: Гидрометеиздат, 1959. Т.3. С. 246–253.
2. *Гинзбург Б.М., Балашова И.В., Пономарев М.Б.* О расчетах и прогнозах нарастания льда на волжских водохранилищах в начале ледостава // Тр. ГМЦ СССР. 1975. Вып. 140. С.17–31.
3. *Донченко Р.В.* Интенсивность нарастания толщины льда на реках и водохранилищах // Тр. ГГИ. 1968. Вып. 159. С. 42–55.
4. *Донченко Р.В.* Ледовый режим рек СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 247 с.
5. *Калинин Г.С.* Ледовые явления на реках водосбора Воткинского водохранилища и влияние на них физико-географических факторов и атмосферной циркуляции: дис. ... канд. геогр. наук. Пермь, 1974. 213 с.
6. *Козлов Д.В.* Лед пресноводных водоемов и водотоков. М.: Изд-во МГУП, 2000. 263 с.
7. *Коробков И.М.* Малые реки Пермской области и использование их в народном хозяйстве. Пермь: Перм. кн. изд-во. 1959. 42 с.
8. *Крицкий С.Н., Менкель М.Ф., Россинский К.И.* Зимний термический режим водохранилищ, рек и каналов. М.: Госэнергоиздат, 1947. 155 с.
9. *Лепихин А.П.* К расчету толщины ледяного покрова на пресноводных водных объектах // Географический вестник. Пермь, 2008. № 1 (7). С. 147–158.
10. *Пиотрович В.В.* Расчет толщины ледяного покрова на водохранилищах по метеорологическим элементам // Тр. ГМЦ СССР. 1968. Вып. 18. 185 с.
11. *Пиотрович В.В.* Расчет нарастания кристаллического и снежного льда на примере Клязьминского водохранилища // Тр. ГМЦ СССР. 1970. Вып. 67. С. 50–98.
12. *Пиотрович В.В., Аминова В.Я.* Расчет толщины ледяного покрова на реках и водохранилищах для целей прогноза ледовых явлений // Тр. IV Всес. гидрол. съезда. Л., 1975. Т. 7. С. 288–295.
13. *Пономарев М.Б.* Расчеты нарастания льда на водохранилищах Волжского каскада // Тр. ГМЦ СССР. 1978. № 208. С. 99–103.
14. *Руководство по гидрологическим прогнозам.* Вып. 3. Прогноз ледовых явлений на реках и водохранилищах. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 168 с.
15. *Чижев А.Н.* О расчетах толщины ледяного покрова на реках и водохранилищах // Тр. ГГИ. 1980. № 270. С. 40–55.
16. *Чижев А.Н.* Формирование ледяного покрова и пространственное распределение его толщины. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 127 с.

SUMMARY

On the basis of supervision materials analysis on hydrological posts for the 1956–1995 period regional features of existential distribution of ice cover thickness and snow heights on ice on the rivers of the basin of Votkinskoe water storage reservoir are revealed.

On processes of increase and existential dynamics of an ice cover thickness on rivers of researched territory essential influence is rendered zonal and azonal natural and anthropogenic factors. Azonal natural factors include a relief, hydrological and morfometrical characteristics of a water-current and feature of a underground inflow. Influence of azonal anthropogenous factors is shown by inflow from ponds and water reservoirs, and also dumps mine and term waters of industrial enterprises.

