

Литература:

1. Арктический регион: Проблемы международного сотрудничества: хрестоматия в 3 томах / Рос. совет по международным делам [под общ. ред. И.С. Иванова]. – М: Аспект Пресс, 2013. – 663 с.
2. Российская Арктика в XXI веке: природные условия и риски освоения: учебно-справочное издание – М.: Феория, 2013. – 144 с.
3. Погребов В.Б. Экологический мониторинг прибрежной зоны Арктических морей / В.Б. Погребов, М.Б. Шилин – Санкт-Петербург.: Гидрометеиздат, 2001. – 95 с.
4. Стишов М.С. Особо охраняемые природные территории Российской Арктики: современное состояние и перспективы развития/ М.С. Стишов, – М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2013. – 218 с.

СОВРЕМЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЕДОВОГО РЕЖИМА РЕК АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ РОССИИ

Василенко А.Н., Агафонова С.А., Фролова Н.Л.

МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва, saiiia24@mail.ru

MODERN CHARACTERISTICS OF THE ICE REGIME OF THE RIVERS OF THE ARCTIC ZONE OF RUSSIA

Vasilenko A.N., Agafonova S.A., Frolova N.L.

Moscow State University of M.V. Lomonosov

Abstract: The ice regime of river is one of the most sensible element of hydrosphere to climate changes. Besides it is one of the reason of dangerous hydrological events. This paper is devoted to modern characteristics of ice regime and to its changes last 30 years, after the beginning of climate changes.

Key words: ice regime, climate changes, dangerous hydrological events

Ключевые слова: ледовый режим, изменения климата, опасные гидрологические явления

Введение

В климатических условиях России ледовые явления распространены на реках практически повсеместно. Зачастую они выступают лимитирующим фактором безопасности населения и сохранности объектов инфраструктуры. Из-за ряда ледовых явлений, к примеру, может нарушаться эксплуатация водозаборов и различных транспортных переходов, производится разрушение гидротехнических сооружений, ограничиваются сроки навигации водного транспорта. Ряд опасных гидрологических явлений, в том числе наводнений, формируется, также, с участием ледовых явлений.

Климат арктической зоны России, претерпевает в настоящее время наиболее значительные на территории России изменения [Второй оценочный

доклад..., 2014]. Ледовый же режим рек, как отмечено в [Prows et al, 2002], является одним из наиболее чутких индикаторов климатических изменений.

В настоящей работе под Арктической зоной будем иметь в виду сухопутные территории России, расположенные севернее 60°с.ш.

Описываемые территории обладают огромными гидрологическими ресурсами. Здесь расположены нижние течения и устья рек: Онега, Северная Двина, Мезень, Печора, Обь, Енисей, Хатанга, Анабар, Оленек, Лена, Яна, Индигирка, Колыма, Анадырь. А также множество бассейнов больших, средних и малых рек.

Гидрологический режим рек различен. Они имеют преобладающее снеговое питание. Половодье проходит с мая на западе территории и до июля на востоке. Повсеместно половодье длится месяц и более и может осложняться дождевыми паводками. Для севера европейской территории России (ЕТР) и для западной Сибири характерны летние и осенние дождевые паводки. Минимальный сток приходится на зимнюю межень. С запада на восток его величина по сравнению со стоком летней межени уменьшается вплоть до полного прекращения.

С запада на восток арктической зоны наблюдаются различные природно-климатические условия. От умеренного морского климата на севере Кольского полуострова до резко-континентального на побережье морей Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского. От низменных облесенных равнин севера ЕТР и низменных же тундр полуостровов Ямал и Гыдан до горных тундр северо-востока Сибири. Значительное распространение имеют болота и озера. Их число уменьшается с запада на восток. На всей территории, за исключением большей части Республики Карелия и Архангельской области, а также горных районов, распространены многолетнемерзлые породы.

Таким образом, формируются различные условия образования, развития и разрушения ледовых явлений на реках арктической зоны России.

В условиях освоения ресурсной базы Арктики, происходящие трансформации ледового режима могут быть использованы для минимизации всех видов издержек [Козлов и др, 2015], связанных с гидрологической безопасностью территорий, что в свою очередь ведет к удешевлению развития арктической зоны нашей страны.

Материалы и методы

Для анализа происходящих изменений ледового режима рек были использованы данные 163 гидрологических постов, расположенных на реках, имеющих различную площадь водосбора (как малые реки, так и крупнейшие), и расположенных на всей территории арктической зоны России. Стоит отметить, что с запада на восток количество постов убывает, а плотность их расположения уменьшается.

Для сопоставления использовались осредненные данные за периоды 1950-1980 гг. и 1981-2014 гг. Пропуски в наблюдениях и короткие ряды были

восстановлены с использованием метода гидрологической аналогии по данным постов, расположенных в сходных физико-географических условиях. Все ряды данных были проверены на отсутствие значимых трендов с использованием критерия Спирмена.

Сравнение проводилось для характерных дат ледового режима: появления льда, замерзания, вскрытия и очищения, а также продолжительности периодов замерзания, ледостава и вскрытия. Также, в качестве параметра изменчивости сравнивались среднеквадратические отклонения рядов рассматриваемых характеристик.

Результаты и обсуждение

Первые ледовые явления в виде заберегов и шуги образуются на реках арктической зоны в среднем с разницей в сроках более 1 месяца на западе и востоке. Наблюдается географическая зональность дат появления льда с более ранними сроками на северо-востоке и более поздними на юго-западе. Первые ледовые явления образуются на Чукотке в последней декаде сентября, на юге Карелии – в первой декаде ноября. На крупных реках лед устанавливается позже, чем на малых, особенно это проявляется на р. Лена, где запаздывание составляет 7-10 дней. Величина изменений за последние 30 лет растет с востока на запад, с севера на юг, в сторону более поздних дат. При этом в Восточной Сибири и на северо-востоке страны изменения минимальны и составляют в среднем 1-2 дня. Западнее бассейна р. Енисей наблюдается увеличение величины изменений до 4-6 дней на севере Западной Сибири, и до максимальных 7-10 дней в южной Карелии. Аналогично фактическим изменениям трансформируется и среднеквадратическое отклонение от изменения этой величины менее чем 1 в Восточной Сибири и на северо-востоке до 4 на западе Архангельской области. В абсолютных единицах среднеквадратическое отклонение сроков появления льда составляет от 3-5 в Восточной Сибири до 10-11 на севере ЕТР.

Продолжительность замерзания составляет для рек арктической зоны в среднем около 10 дней на средних реках, и около 2 недель на больших. Соответственно, средние даты установления ледостава смещаются на более поздние с востока на запад, с севера на юг, как и даты появления льда. При этом географическое распространения дат замерзания в Восточной Сибири и на северо-востоке более субшироотно, чем аналогичное для дат появления льда. Климатические изменения привели к наступлению замерзания в более поздние сроки в последние 30 лет. Наименьшие изменения произошли на северо-востоке (1 день) и в Восточной Сибири (1-2 дня). Несколько более значимые изменения наблюдаются в Западной Сибири (3 дня). Наиболее значимые - в Поморье (5 дней). Среднеквадратическое отклонение сроков замерзания рек лежит в границах от 3-5 в Восточной Сибири до 15-17 на юге Карелии и Архангельской области.

Продолжительность ледостава на реках арктической зоны России в последние 3 десятилетия убывает на срок от нескольких дней в северо-восточных районах до 3 недель в бассейнах рек Мезень и Печора. Тем не менее, она продолжает в большей части случаев превышать полугодовой период. Наиболее длительный ледостав наблюдается на реках полуостровов Таймыр и Чукотский – до 9 месяцев. Наименее длительный ледостав наблюдается на юге Карелии – 5 месяцев.

Вскрытие рек начинается на юге Карелии и западе Архангельской области в последних числах апреля. В первой декаде мая вскрываются большинство рек севера ЕТР, кроме территорий севернее Северных Увалов. К концу второй декады мая вскрываются практически все реки севера ЕТР, кроме протекающих в районах Полярного Урала, а также большая часть бассейнов рек южнее 63-64 с.ш. В последней декаде мая происходит вскрытие практически всех рек южнее Полярного Круга в Западной Сибири и бассейне р. Енисей, и южнее 70 с.ш. в Восточной Сибири. В первой декаде июня вскрываются реки восточного побережья Обской Губы, юга Гыданского полуострова, низовья рек Лена, Яна и Индигирка. Во второй декаде июня происходит вскрытие рек практически всей территории, не считая рек северных склонов гор Баррынга и Чукотского полуострова. На последних вскрытие происходит в последней декаде июня. Важно отметить, что изменения затронули сроки вскрытия рек не столь масштабно, как сроки появления льда и замерзания. Смещение на более ранние даты составляет по Сибири и северо-востоку в среднем 4 дня, по Северу ЕТР – 5 дней. Среднеквадратическое отклонение сроков вскрытия составляет от 3-5 в бассейне р. Лена и восточнее, до 10-11 между бассейнами р. Северная Двина и бассейнами правых притоков р. Обь.

Очищение рек ото льда происходит в среднем за 1 декаду по всей территории. Наблюдается увеличение продолжительности периода вскрытия от юго-запада севера ЕТР на северо-восток (от 1 дня до 2 недель), а также с юга на север на сроки тех же порядков в Сибири и на северо-востоке. Наибольшая продолжительность вскрытия наблюдается на средних реках с горными водосборами. Географическая зональность сроков очищения практически совпадает с зональностью сроков вскрытия рек. Смещение на более ранние даты в среднем невелики и составляют 3-4 дня для всей рассматриваемой территории.

Важно отметить, что при вскрытии рек увеличилась повторяемость опасных ледовых явлений, таких как заторы льда и прохождение ледохода при высоких уровнях воды. Наибольшее учащение произошло на севере ЕТР.

Выводы

В условиях происходящих климатических изменений на реках арктической зоны России наблюдается сокращение в среднем на декаду периода ледостава и периода с ледовыми явлениями, при увеличении периодов замерзания и вскрытия рек. Наблюдается также увеличение повторяемости опасных ледовых

явлений. Наибольшие изменения отмечаются на реках севера ЕТР и Тюменской области – наиболее освоенных регионов рассматриваемой территории.

Благодарность

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 14-17-00155П).

Литература:

Второй оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М., 2014. Основной том. 1009 с.

Д.В. Козлов, В.А. Бузин, Н.Л. Фролова, С.А. Агафонова, В.Л. Бабурин, Л.С. Банщикова, Н.И. Горошкова, А.С. Завадский, И.Н. Крыленко, К.Л. Савельев, К.Д. Козлов, Л.Ф.Бузина; Под общей ред. проф., д.т.н. Д.В. Козлова. М.:Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. 2015. 348 с.

Prowse Terry D., Beltaos Spyros (2002) - Climatic control of river-ice hydrology: a review – Hydrological Processes – V.16, pp. 805-822 DOI: 10.1002/hyp.369

ВЕРОЯТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ОЗЕРНО-ТЕРМОКАРСТОВЫХ РАВНИН ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОЦЕНКЕ РИСКА ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Викторов А.С., Капралова В.Н., Орлов Т.В.

Институт геоэкологии РАН, Москва, vic_as@mail.ru

PROBABILISTIC MODEL OF THE MORPHOLOGICAL PATTERN OF THERMOKARST LACUSTRINE PLAINS FOR LINEAR CONSTRUCTION RISK ASSESSMENT

Victorov A.S., Kapralova V.N., Orlov T.V.

Abstract. The model basing on the random theory processes and describing morphological pattern changes of thermokarst lacustrine plains either in stable state or under climatic changes for uniform sites is designed for. It was analytically found that size of thermokarst lakes has lognormal distribution at any time whilst their location has Poisson distribution. Empirical observations at key sites in different geocryological and nature environment are in good agreement with the theoretical model analysis. This approach gives us a decision of impact probability for linear construction.

Key words: mathematical morphology of landscape, thermokarst lacustrine plain, probabilistic modeling of morphological pattern, risk assessment.

Ключевые слова: математическая морфология ландшафта, озерно-термокарстовая равнина, вероятностное моделирование морфологических структур, оценки риска.