

Из графика (рис. 4) видно, что при вероятности критического наложения экстремальных событий с частотой реализаций  $10^{-6}$  площадка АЭС расположена выше гребней волн. Этим обосновывается, согласно п.6.10 НП-064-05, отказ от проведения мероприятий по исключению повреждений при внешних воздействиях зданий и сооружений, важных для безопасности.

### Литература

1. *Беликов В.В., Иванов В.Д., Канторович В.К.* и др. Несибсоновская интерполяция – новый метод интерполяции значений функции на произвольной системе точек. //Журнал вычислительной математики и математической физики. 37, №1, 1997.
2. *Беликов В.В., Кочетков В.В.* Программный комплекс STREAM\_2D для расчета течений, деформаций дна и переноса загрязнений в открытых потоках // Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2014612181. М., 2014.
3. *Прудовский А.М.* Образование прорана при прорыве земляной плотины // В сб.: Безопасность энергетических сооружений, вып. 2. -М.: АО "НИИЭС". 1998. С. 67-79.

## ГИДРОЛОГО-КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ГЕОГРАФИЯ РИСКОВ ОПАСНЫХ НАВОДНЕНИЙ И МАЛОВОДИЙ НА РЕКАХ РОССИИ<sup>2</sup>

Семёнов В.А.  
ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», г. Обнинск,  
semven@meteo.ru

Для современных изменений климата на территории России характерно увеличение его экстремальности, региональными гидрометеорологическими последствиями которой являются изменения рисков повторяемости опасных наводнений. Гидрологической основой наиболее распространённых паводочных и паводочных наводнений являются максимальные расходы воды рек, устанавливаемые по результатам сетевых наблюдений Росгидромета. Кроме того изменения климата обуславливают увеличение повторяемости

---

<sup>2</sup>Работа выполнена при финансовой поддержке Русского географического общества и Российского фонда фундаментальных исследований (проект №13-05-41172).

на реках маловодий при экстремально низкой межени, что усложняет эксплуатацию водохозяйственных сооружений, работу речного транспорта, гидроэнергетики. При ожидаемом усилении экстремальности климата возможно усиление негативных последствий этих и других естественных факторов. Основываясь на материалах сетевых наблюдений за период 1986-2010 гг. на 85 реках с наименее нарушенным хозяйственной деятельностью гидрологическим режимом, а также на собранных в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД» ежегодных сведениях об опасных гидрологических явлениях на реках с учтённым ущербом за 1991-2010 годы, в работе приведены оценки изменений максимальных и минимальных расходов воды, их сравнение с направленностью и частотой опасных наводнений и маловодий на территории России.

Предлагается гидролого-климатическое районирование территории России по изменениям рисков опасных наводнений и маловодий рек.

**Изменения максимальных расходов воды и опасных наводнений.** Результаты трендового анализа максимальных расходов воды за 25-летний период конца XX – начала XXI столетий свидетельствуют, что направленность изменений наибольших годовых расходов воды рек на территории России имеет зональный характер. Для большинства рек субполярного пояса на Азиатской части территории России (АЧТ) характерны положительные изменения максимальных расходов воды, а на Европейской территории (ЕТР) преобладает их уменьшение или отсутствие изменений (см. табл. 1). В средних широтах АЧТ тоже преобладало увеличение максимальных расходов воды, а на северных и средних широтах европейской части территории – уменьшение. Уменьшение максимальных расходов воды было наиболее характерно для равнинных рек южной территории России (ЕТР, Забайкалье, бассейн Амура, Приморье). На реках АЧТ, формирующих сток в высокогорном поясе Алтая и Саян, максимальный сток в последние 20-30 лет тоже уменьшался, а на больших реках, формирующих сток в нескольких высотных поясах-увеличивался. Для рек Северного Кавказа характерно увеличение максимального стока во всех высотных поясах.

Такое распределение направленности изменений максимальных расходов воды определяется, прежде всего, изменениями количества сезонных осадков. Для зимнего периода этого 25-летия характерно увеличение на большей, азиатской части территории страны

количества зимних осадков и запасов воды в снежном покрове к началу снеготаяния. Уменьшение снеготаяния, особенно на залежённых территориях, отмечено в северных, южных и западных районах ЕТР, где зимние оттепели и увеличение продолжительности снеготаяния не способствовали формированию высоких максимумов весеннего половодья. Увеличение количества зимних осадков на территории ЕТР наблюдалось на Северном Кавказе и на Урале. Увеличение количества весенних осадков было характерно для Дальнего Востока, горных районов юга Сибири, Кавказа.

Таблица 1 – Направленность и количество случаев изменений максимальных и минимальных расходов воды за 1986-2010 гг.

Бассейны рек	Количество случаев изменений расходов рек								
	Максимальные годовые расходы			Минимальные расходы теплого периода			Минимальные расходы зимнего периода		
	А*	В*	С*	А*	В*	С*	А*	В*	С*
Север ЕТР	-	3	3	-	4	-	3	2	2
Волга	1	-	2	2	3	-	3		-
Кама, Печора	1	2	1	1	1	-	2	3	-
Северный Кавказ	3	-	2	3	1	1	-	-	-
Верхняя Обь	4	3	-	2	5	1	3	3	1
Верхний Енисей	1	3	-	3	1	1	5		
Забайкалье	-	10	-	1	9	-	-	8	1
Лена, Яна, Колыма	8		-	8	-	-	8	-	-
Амур	1	3	4	2	5	1	6	3	2
Приморье	2	4	3	3	1	4	3	3	2

\* Обозначение: А – увеличение; В – уменьшение; С – отсутствие изменений

Результаты совместного анализа пространственных и временных изменений максимальных расходов воды рек и частоты опасных наводнений показывают, что эти изменения не всегда аналогичны. В субарктическом поясе, на Северо-Востоке страны, наиболее часто опасные наводнения стали повторяться в бассейне р. Ко-

лыма при выпадении обильных и продолжительных осадков. В субарктических районах и средних широтах азиатской территории, северных широтах европейской части территории частота опасных наводнений возрастает также от ледовых заторов и при отсутствии роста максимальных расходов воды рек, что наиболее характерно для бассейнов Лены, Енисея, Оби, Северной Двины.

В горных районах при современном потеплении увеличению частоты опасных наводнений способствует возрастание площади одновременного снеготаяния и выпадения опасных дождей одновременно на нескольких высотных поясах, что при неизменности максимальных расходов воды малых рек, за счёт большего количества их суммирования приводит к увеличению максимального стока и высоте наводнения на больших реках (например, наводнения 2014 года в бассейнах рек Бии, Катунь, Чарыша в Горном Алтае). В бассейнах рек Северного Кавказа в рассматриваемый период происходило также увеличение частоты опасных наводнений и селевых потоков, обусловленное повышенной снежностью зимой, обильных или ливневых осадков редкой повторяемости в летне-осенний период.

Характерной особенностью конца XX и начала XXI века является смена зональных типов циркуляции на меридиональные. На азиатской территории при нарушении зональной циркуляции преобладает меридиональный южный тип циркуляции, при котором происходит заток воздуха с юга и с океана на территорию Дальнего Востока России. При таком состоянии атмосферной циркуляции влияние океана на определенные области усиливается либо ослабевает, тем самым создавая большие пространственные различия в аномалиях температуры и осадков, которые могут распространяться на большие расстояния. Поэтому в последние годы на азиатской территории, особенно в южных широтах Дальнего Востока, к увеличению опасности наводнений приводят изменения атмосферной циркуляции, обуславливающие выпадение большого количества атмосферных осадков за продолжительный период времени (например, в бассейне Амура в 2013 году). По исследованиям Б.И. Гарцмана и других [1] аналогичная ситуация сложилась в осенне-зимний период в 2012 г. на реках Приморья.

Последствием изменений климата для Дальнего Востока в последние годы стало характерно увеличение снежности зим, а это обуславливает возрастание роли снеговой составляющей в форми-

ровании опасных наводнений [2]. Но в целом для территории России в последние годы (2011-2014 гг.) наиболее характерно увеличение количества опасных дождей и наводнений в половодье, что свидетельствует об увеличении роли очень сильных осадков в формировании опасных наводнений [3].

В результате анализа территориально-временных изменений максимальных расходов воды, опасных наводнений и основываясь на климатическом районировании территории СССР, предложенном Б.П. Алисовым [4], на территории России наиболее чувствительными к изменениям климата в части частоты опасных наводнений на реках являются следующие районы.

1. Территория Тихоокеанской и Сибирской климатических областей субарктического пояса. При прогнозируемом дальнейшем повышении температуры воздуха и выпадения количества осадков возможно увеличение частоты половодных и паводочных наводнений, а на реках бассейнов Лены, Яны, Индигирки, Анабар сибирской климатической области возможно увеличение частоты и продолжительности, заторных наводнений.

2. Муссонная дальневосточная область умеренного пояса с наиболее выраженным повышением частоты и продолжительности опасных наводнений в периоды летне-осенних половодий, дождевых и снегодождевых паводков на реках Дальневосточного Федерального округа, особенно в бассейне р. Амур.

3. Континентальная восточносибирская и западносибирская области умеренного пояса, где сохранится опасность заторных наводнений в половодье и наводнений при дождевых паводках.

4. Высокогорная климатическая область умеренного пояса на юге Сибири (Саяны, Алтай и Танну-Ола) с увеличением частоты опасных наводнений при весеннем и весенне-летнем половодье, летних дождевых паводках, где в отдельные годы может сформироваться половодье, максимум которого в 5 раз превышает средний многолетний максимальный расход, в том числе в предгорьях.

5. Северный Кавказ и Закавказье (российская часть Причерноморья) с увеличением частоты наводнений при высоких дождевых и снегодождевых паводках и с увеличением частоты селевых потоков.

6. Уральская климатическая область с наводнениями в период весеннего половодья и летних дождевых паводков на реках Урала, Предуралья и Зауралья.

7. Северная климатическая область европейской территории с наводнениями в период весеннего половодья, при заторных наводнениях и нагонах в морских и озёрных устьях рек.

**Изменения минимальных расходов в межень и экстремальных маловодий.** В изменениях минимальных летне-осенних расходов воды рек за рассматриваемый 25-летний период времени (1986-2010 гг.) преобладали отрицательные тенденции почти на всей европейской территории, кроме высокогорных районов Северного Кавказа, Северного Урала (притоки Печоры) и Кольского полуострова. На реках северных и средних широт азиатской части территории страны, наоборот, преобладало увеличение минимальных расходов воды, а уменьшение минимального летнего стока было на реках южных районов Сибири, Забайкалья, бассейна Амура и Камчатки. В бассейне Байкала в минимальном стоке тёплого периода года для 9-ти из 10-ти исследованных рек тренды оказались отрицательными (табл. 1).

В период зимней межени происходило увеличение минимального стока, особенно на реках азиатской территории, но уменьшение тоже на реках Забайкалья, некоторых реках юга Западной Сибири, а также реках Приморья. На всей европейской территории России преобладало увеличение минимального зимнего стока или отсутствие его изменений (табл. 1).

Количество экстремальных маловодий на реках России с учённым ущербом за 20-летний период (1991-2010 гг.) было 112, из них в период 1991-1995 гг. – 8, 1996-2000 гг. – 9, 2001-2005 гг. – 51, а за 2006-2010 гг. – 44.

Маловодья бывают преимущественно в южной части азиатской территории (юг Западной Сибири, Забайкалье, бассейн р. Амур, реки Камчатки), но в последние годы отмечаются также и в средних широтах Западной Сибири, в высоких широтах Дальнего Востока (бассейн р. Колыма). Рост их повторяемости объясняется увеличением континентальности климата, выражающемся в сезонном перераспределении осадков, возрастании продолжительности бездождевых периодов не только летом, но и весной, в увеличении межгодовой вариации количества осадков.

На территории ЕТР зимние оттепели, продолжительное весеннее снеготаяние и малое промерзание почвы способствовали инфильтрации талых вод, повышению уровня подземных вод и стока рек в межень, что уменьшало вероятность маловодий на реках в пе-

риоды зимней и частично летней межени. Но в первом десятилетии XXI века усилилась тенденция увеличения частоты маловодий и на реках европейской части территории России. Наибольшее увеличение маловодий произошло на реках равнинных территорий Южного Федерального округа, Поволжья (Адыгея, Астраханская, Самарская, Саратовская области). В 2010 году продолжительное маловодье было также на реках Предуралья (Удмуртия, Татарстан, Кировская область), бассейна р. Дон.

**Заклучение.** Результаты трендового анализа экстремального стока воды, свидетельствуют, что в конце XX-начале XXI столетий на реках Азиатской территории России максимальные расходы в половодье и минимальные расходы в тёплый период года увеличивались в высоких и средних широтах и уменьшались в южных районах. На равнинных реках Европейской территории изменения максимальных расходов воды не существенны, опасные наводнения случаются редко, а увеличение частоты опасных наводнений в половодье и при паводках характерно, в основном, для рек Азиатской территории, в том числе для горно-предгорных районов юга. Частота маловодий с начала XXI столетия увеличивается преимущественно в южных районах, но в последние годы маловодья стали чаще также в средних широтах. При прогнозируемом росте континентальности климата следует ожидать расширения географии опасных наводнений и маловодий.

### Литература

1. Гарцман Б.И., Мезенцева Л.И., Меновицкова Т.С., Попова Н.Ю., Соколов О.В. Условия формирования экстремально высокой водности рек Приморья в осенне-зимний период 2012 года // Метеорология и гидрология, 2014. – №4. – С.77-92.

2. Семенов В.А. География климатообусловленных изменений опасных наводнений на реках России в конце XX-начале XXI столетий // Труды ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», вып.177. –Обнинск: Изд-во «ВНИИГМИ-МЦД», 2014. - С.160-174.

3. Семенов В.А. Климатообусловленные изменения вклада снега в формирование опасных гидрологических явлений на реках // Лёд снег, 2013. - №3. – С.107-112.

4. Алисов Б.П. Климат СССР. – М: Изд-во МГУ, 1956. - 128 с.