



ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ



**Научное обеспечение реализации
«Водной стратегии Российской Федерации
на период до 2020 г.»**



Сборник научных трудов

Том 2

УДК 556.5.01. 628.1 504.4.06
ББК 26.22Я5
Н34

Редакционная группа:

д.т.н. В.Г. Пряжинская – ответственный редактор
д.ф.-м.н. А.Н. Гельфан
к.т.н. М.И. Степанова
Р.И. Бедная
Ю.Е. Казаков

Н34 Научное обеспечение реализации «Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 г.»: Сборник научных трудов. Т. 2. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2015. 164 с.
ISBN 978-5-9274-0685-2 (т. 2)
ISBN 978-5-9274-0683-8

В настоящий сборник вошли доклады, представленные на Всероссийской научной конференции «Научное обеспечение реализации „Водной стратегии Российской Федерации на период до 2020 г.“» (г. Петрозаводск, 6–11 июля 2015 г.), проведенной Научным советом Отделения наук о Земле РАН «Водные ресурсы суши», Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институтом водных проблем Российской академии наук (ИВП РАН), Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институтом водных проблем Севера Карельского научного центра Российской академии наук (ИВПС КарНЦ РАН).

Организация конференции и издание сборника осуществлены при финансовой поддержке Федерального агентства научных организаций, Российской академии наук, Федерального агентства водных ресурсов, Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 15-05-20465-г), Открытого акционерного общества «РусГидро».

УДК 556.5.01 628.1 504.4.06
ББК 26.22Я5

ISBN 978-5-9274-0685-2 (т. 2)
ISBN 978-5-9274-0683-8

© Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт водных проблем Российской академии наук, 2015
© Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт водных проблем Севера Карельского научного центра Российской академии наук, 2015
© Авторы докладов, 2015

АНАЛИЗ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В ПРЕДЕЛАХ БАССЕЙНОВ РАВНИННЫХ РЕК ЕВРОПЕЙСКОЙ ТЕРРИТОРИИ РОССИИ³

Фролова Н.Л.¹, Гельфан А.Н.², Киреева М.Б.¹,
Рец Е.П.², Телегина Е.А.²

¹МГУ имени М.В.Ломоносова, Географический факультет, г. Москва

²Институт водных проблем РАН, г. Москва

frolova_nl@mail.ru

Введение. Возникновение экстремальных гидрологических условий, связанных как с высокой, так и с низкой водностью рек, обуславливает риски и экономические потери для различных отраслей хозяйства. Подобные гидрологические события, чаще всего имеют довольно редкую повторяемость и обычно охватывают большие территории. Так, например, только за последние пять лет наблюдалось три подобных ситуации. В 2010 г. аномальные атмосферные процессы привели к формированию глубокого маловодья, охватившего большую часть Европейской территории России, было перекрыто более 40 температурных рекордов, а масштабная засуха привела к возникновению огромного количества лесных пожаров. Следующая ситуация возникла зимой 2012–2013 гг., когда в марте высота снежного покрова в Центральной России достигла высоты более 80 см. Это привело к формированию весеннего половодья редкой повторяемости. В 2014 г., наоборот, наблюдалась исключительно малоснежная зима. Запас воды в снежном покрове был минимальным, что привело к раннему началу маловодного периода, срыву графиков пополнения водохранилищ Волжского каскада, остановке навигации на верхней Волге и Оке, многомиллионным ущербам в сфере круизного туризма.

Цель исследования – оценка характеристик экстремальных гидрологических явлений (наводнений и засух) и анализ их изменений за период инструментальных наблюдений для ряда речных бассейнов европейской части России. Анализ чувствительности масштабов и повторяемости указанных явлений – задача, приобретающая все большую актуальность в связи с проблемами уязвимости и

³Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (грант № 14-17-00700).

адаптации к климатическим изменениям природных и социально-экономических систем.

Материалы и методы. Для статистического анализа были использованы многолетние данные о среднесуточных и среднемесячных расходах воды на примере 19 рек, расположенных в разных физико-географических зонах Европейской территории России (ЕТР) с площадью водосбора от 15300 км² (р. Угра, с. Товарково) до 348000 км² (р. Северная Двина, с. Усть-Пинега) с начала периода наблюдений до 2010 г

Параметры экстремальных гидрологических явлений определялись как фрагменты многолетних гидрографов речного стока (суточных и месячных), выходящие за пределы заданных пороговых значений расходов воды редкой повторяемости (10 и 90%). Считалось, что период с расходами, в течение которого наблюдается снижение расходов ниже порогового $Q_{90\%}$ - дефицитный. За каждый год определялся объем дефицитов и их продолжительность. В случае, если сток оказывается выше величины $Q_{10\%}$, будет наблюдаться экстремальное увеличение водности. В этом случае также считается суммарное превышение выбранного порогового значения и продолжительность данного периода. Таким образом, по имеющимся временным рядам расходов воды определялись параметры масштаба – объемы максимального стока и глубина водного дефицита, показатели интенсивности (отношение объема дефицита или избытка воды к продолжительности явления), параметры продолжительности (продолжительности периода максимального стока и дефицитного периода), характеристики повторяемости экстремальных гидрологических явлений.

Статистические свойства распределения дефицитов воды и их продолжительностей в 1960-х годах были проанализированы Крамером и Либтером [1] Метод применялся и Евджевичем [2] на основе статистической теории стока для анализа временных рядов. Статистические свойства распределения дефицитов воды, продолжительности засух (d) и объемов дефицитов (s) рекомендовались как параметры для определения межени в конкретном створе. Небольшой обзор применения этих методов, оценка возможности использования различных функций распределения для описания рядов дефицитов воды или, в статистической терминологии, "выбросов" изложены в книге М.В. Болгова и др. [3] и работе [4]. В резуль-

тате сравнения оценок было отмечено, что наилучшим образом соответствует имеющимся данным распределение Вейбулла.

Результаты. Модули стока, соответствующие верхним пороговым значениям в целом меняются в соответствии с зональными изменениями стока. Наибольшие величины порогового значения модуля стока наблюдаются на северо-востоке Европейской России в бассейнах р.Уса и Печора – 49 и 42 л/(с·км²) соответственно, а также в бассейне р. Вишера – 42 л/(с·км²). В среднем для рек севера значение модуля стока 10 % обеспеченности составляет от 20 до 30 л/(с·км²) и уменьшается с северо-востока на юго-запад. В примыкающем с юга бассейне Верхней Волги, Оки и Угры пороговые значения снижаются до 12–16 л/(с·км²). Реки бассейна Камы имеют существенно более высокие пороговые значения модуля стока – в среднем около 20–23 л/(с·км²). Минимальные значения характерны для бассейна Дона, особенно для р. Медведица (до 4 л/с·км²).

В пространственном распределении нижнего порогового значения наблюдается схожая картина – модуль стока 10% обеспеченности более 2 л/(с·км²) характерен для рек севера ЕТР, в бассейнах Верхней Волги и Оки он снижается до 1,7 л/(с·км²), а Ветлуги и Мокшы – до 1 л/(с·км²). В бассейне Камы наблюдается увеличение показателя до 1,6–1,7 л/(с·км²). В бассейне Дона значение модуля стока 10 % обеспеченности снижаются до 0,5–1 л/(с·км²).

Число случаев превышения пороговых значений для северных рек составляет от 60 до 75% случаев, в бассейне Оки, Мокши и Угры – около 70%. В бассейне Камы эта величина равна 80–87%. В бассейне Дона количество превышений составляет около 65% случаев. Количество экстремально маловодных и экстремально многоводных периодов связано между собой: чем больше на реке наблюдается экстремально низких месячных расходов, тем больше на ней наблюдается и экстремально высоких расходов (рис. 1).

Таким образом, каждая река, обладая своими особенностями водного режима, имеет некую общую характеристику «экстремальности», характеризующую как количество маловодий, так и количество многоводий. Чем большей «экстремальностью» обладает водный режим реки, тем чаще на ней формируются как аномально низкие, так и аномально высокие периоды водности.

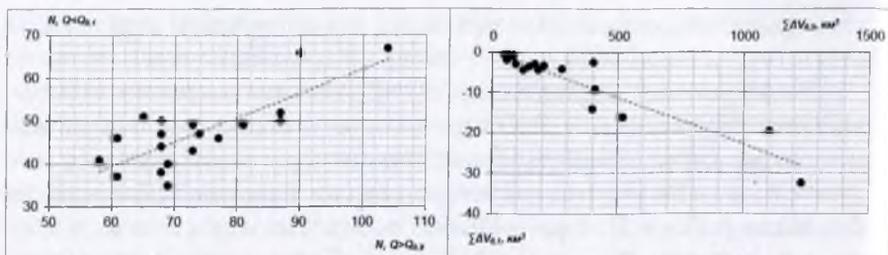


Рис. 1 – Связь числа периодов экстремально низкой и экстремально высокой водности (слева) и связь суммарного объема дефицита и суммарного объема превышения порогового значения

По полученным данным были рассчитаны значения показателя интенсивности для условий избытка и дефицита воды. При экстремально высоких значениях расходов воды величина интенсивности для исследуемых рек меняется от 0,55–0,57 в бассейне Дона и Верхней Волги до 13,7 в бассейне Северной Двины. При этом наблюдается зависимость показателя от площади водосбора (рис. 2). С увеличением площади водосбора величина интенсивности довольно быстро растет. При экстремально низких значениях расходов воды эта величина изменяется от 0,1 в бассейне Верхней Волги и Дона до 0,37 в бассейне Северной Двины. Зависимость также носит прямой характер – чем больше площадь водосбора, тем больше интенсивность маловодий, наблюдающихся на реке (рис. 2). При этом связь продолжительности экстремальных явлений с площадью водосбора практически отсутствует

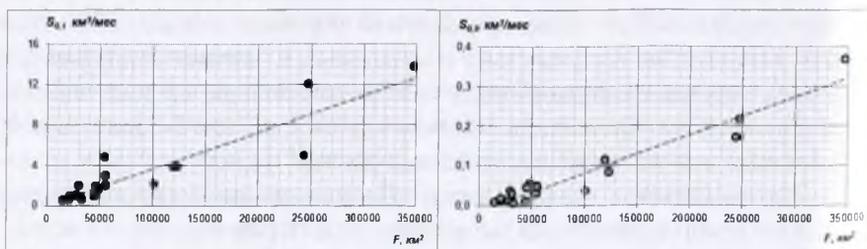


Рис. 2 – Зависимость показателя интенсивности S при превышении порогового значения $Q_{10\%}$ (слева) и при снижении расходов ниже порогового значения $Q_{90\%}$ от площади водосбора F

Рассмотрим изменение характеристик экстремальности стока во времени в различных регионах Европейской части России.

Для северных рек характерно плавное увеличение объемов превышений над пороговыми значениями и сокращение объемов дефи-

цитов. При этом частота возникновения экстремальных периодов водности воды сокращается с 80–100 % в начале наблюдений до 20–30% в настоящий момент. Чаще всего дефициты на Северной Двине, например, наблюдались в 1930–1940 гг., после чего началось устойчивое снижение частоты маловодий, при этом продолжительность дефицитов, наоборот увеличилась с 1–2 месяцев до трех, а иногда и четырех, а их объем уменьшился.

В бассейне Верхней Волги происходит заметное снижение объемов превышений и одновременное снижение объемов дефицитов – водный режим заметно выравнивается (рис. 3).

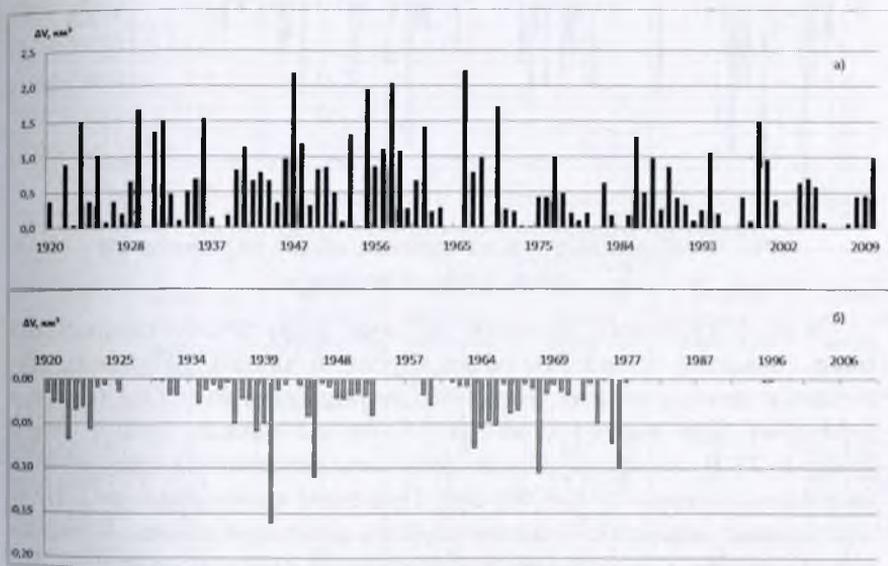


Рис. 3 – Изменение объема превышений (а), дефицитов (б) для р. Волга – г. Старица

На востоке региона – в бассейне Камы иная картина, схожая с тенденциями на севере ЕТР: происходит плавное увеличение объемов превышений и снижение объемов дефицитов, меженный период становится менее глубоким, а половодный, наоборот увеличивается в объеме (рис. 4). Для южной части ЕТР – бассейна Дона и Оки – наблюдаются наиболее явные изменения. Объемы превышений сокращаются в разы, а дефициты вообще перестали возникать, начиная с 1975–1977 гг. Полученные данные в целом отражают общие изменения водного режима рек ЕТР [5].

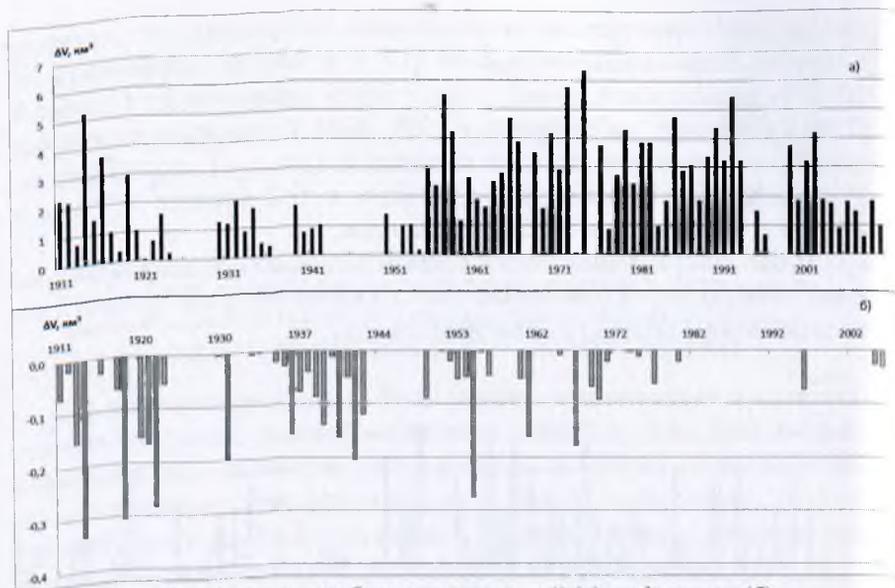


Рис. 4 – Изменение объема превышений (а), дефицитов (б) для р. Кама – с.Бондюг

Анализ суточных значений расходов воды за многолетний период позволяет проводить более глубокий анализ, например, для летней и зимней межени. Наиболее дефицитным на р. Ока (створ – г. Муром) был период с конца 1930-х по начало 1950-х годов (табл. 1–2). В это время зимние дефициты встречались практически ежегодно, летние – в 40–70% лет. При этом необходимо отметить, что зимние дефициты в целом глубже, продолжительнее и интенсивнее летних. Средняя продолжительность события дефицита была максимальна в 1930-е и 1940-е гг (табл. 1 и 2). Она составляла 88 и 100 дней в год соответственно для зимней межени, 78 и 41 день – для летней. Затем данная характеристика понижалась до нуля уже в 1970–1980-е гг в зимний период, и в 1960-е в летний период. Также закономерно уменьшался средний объем и интенсивность дефицитов в году (см. табл. 1, 2).

Таблица 1 – Характеристика экстремальности зимней межени на р. Ока г. Муром по временным периодам

| Период | Число лет с данными наблюдений | Зимняя межень | | | | |
|-----------|--------------------------------|-------------------------|--|--------------------------------------|------------------------------------|---|
| | | Число событий дефицитов | Частота возникновения событий, (случ./год) | Средний объем, м ³ /с/год | Средняя продолжительность дней/год | Средняя интенсивность событий, м ³ /с/день |
| 1936-1939 | 4 | 5 | 1.25 | 4914 | 88.75 | 55.4 |
| 1940-1949 | 10 | 8 | 0.8 | 6642.9 | 100.3 | 66.2 |
| 1950-1959 | 10 | 8 | 0.8 | 1006.4 | 40.9 | 24.6 |
| 1960-1969 | 10 | 7 | 0.7 | 366.3 | 18.5 | 19.8 |
| 1970-1979 | 10 | 2 | 0.2 | 30.6 | 2.7 | 11.3 |
| 1980-1989 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1990-1999 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2000-2012 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Таблица 2 – Характеристика экстремальности летней межени на р.Ока – г Муром по временным периодам

| Период | Число лет с данными наблюдений | Летняя межень | | | | |
|-----------|--------------------------------|-------------------------|--|--------------------------------------|------------------------------------|---|
| | | Число событий дефицитов | Частота возникновения событий, (случаев в год) | Средний объем, м ³ /с/год | Средняя продолжительность дней/год | Средняя интенсивность событий, м ³ /с/день |
| 1936-1939 | 4 | 4 | 0.4 | 3246.25 | 77.5 | 41.8871 |
| 1940-1949 | 10 | 7 | 0.7 | 1117.9 | 41.2 | 27.1335 |
| 1950-1959 | 10 | 1 | 0.1 | 28.1 | 3.2 | 8.78125 |
| 1960-1969 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1970-1979 | 10 | 1 | 0.1 | 7.7 | 0.8 | 9.625 |
| 1980-1989 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1990-1999 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2000-2012 | 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Выводы. В работе выявлены возможные тенденции изменений масштабов и повторяемости экстремальных гидрологических явлений за 1930-2010 гг. Проведен анализ пространственно-временного распределения указанных параметров. Вследствие климатических изменений в последние 30 лет на большей части Европейской территории России происходит увеличение водности межени и уменьшение объема и высоты половодья, что сказалось на характеристиках экстремальных гидрологических явлений.

Литература

1 Cramer H., Leadbetter M.R. Stationary and related stochastic processes. N Y. Wiley, 1967

2. Yevjevich V An objective approach to definition and investigations of continental hydrological droughts. Fort Collins, 1967 (Hydrol. Pap. Colorado State Univ , N 23).

3. Болгов М. В., Мишон В. М., Сенцова Н. И Современные проблемы водных ресурсов и водообеспечения. М. Наука, 2005 318 с.

4. Болгов М.В., Филиппова И.А. Пороговые стохастические модели минимального стока Метеорология и гидрология, 2006. № 3. С.88-94.

5. Джамалов Р.Г., Фролова Н.Л., Кричевец Г.Н., Сафронова Т.И., Киреева М.Б., Игонина М.И. Формирование современных ресурсов поверхностных и подземных вод Европейской части России// Водные ресурсы. Том 39, № 6, 2012. С. 571-589

РАЗВИТИЕ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В РАЗЛИЧНЫХ ГЕОКРИОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ⁴

Чеснокова И.В.¹, Борсукова О.В.¹, Сергеев Д.О.²

¹Институт водных проблем РАН, г Москва,

²Институт геоэкологии им. Е.М.Сергеева РАН, г. Москва

ichesn@rambler.ru

Регулярные наблюдения за состоянием геологической среды являются незаменимым источником сведений о природных и природно-техногенных процессах, происходящих на территории и позволяющих выявить закономерности развития этих процессов. Оценка природных опасностей требует комплексного подхода в изучении, который позволяет выявить естественную динамику геокриологических условий, а также объяснить причины изменения активности геокриологических процессов. При этом постоянно должны отслеживаться не только собственно характеристики геокриологических условий (температура горных пород, глубина се-

⁴Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект №13-05-00462).