

## РЕЧНЫЕ БАССЕЙНЫ РОССИИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

*В.А. Омеляненко, Автономная некоммерческая организация «Национальное информационное агентство «Природные ресурсы»*

Рассматривается влияние изменения климата за последние десятилетия на атмосферные осадки, изменение водного режима рек в разных физико-географических условиях, увеличение опасных гидрометеорологических явлений.

*Ключевые слова: изменение климата, речной сток, водный режим рек, бассейны рек, атмосферные осадки, опасные явления.*

По терминологии Межправительственной группы экспертов (МГЭИК) под изменениями климата понимаются статистически существенные вариации среднего состояния и (или) его изменчивости (дисперсии), устойчивость которых сохраняется на протяжении длительного (десятилетие и более) времени. При этом состояние климата характеризуется набором независимых термо- и гидродинамических характеристик климатической системы «океан-суша-атмосфера» [1].

В научной литературе по данной теме существует множество толкований причин изменения климата, его проявлений, гипотез и прогнозов.

Отмечается заметная неоднородность изменения климата во времени и пространстве. Обращают на себя внимание возросшая повторяемость некоторых экстремальных явлений: резких засух, осадков, похолоданий. На обширной территории Российской Федерации (как и на всем северном полушарии) в зонах избыточного и нормального увлажнения (около  $\frac{3}{4}$  территории) отмечается увеличение годового стока рек, что способствует неблагоприятным социально-экономическим и экологическим условиям.

Возрастание неустойчивости климата требует оценки вероятности рисков возникновения экстремально низких или, наоборот, высоких значений климатических показателей. Риски экстремальных значений сильнее подвержены изменениям, чем средние значения [2].

Одной из наиболее объективных характеристик изменения климата является заметное повышение температуры воздуха. Например, средняя годовая температура воздуха на территории нашей страны за вторую половину XX века выросла на 1°C. По мнению многих экспертов причиной этого является хозяйственная деятельность человека и, в первую очередь, выбросы парниковых газов при сжигании углеводородного топлива. Аномальным примером температурного режима может служить 2015 год.

По всем имеющимся данным мировых климатических центров 2015 год оказался самым теплым в глобальном масштабе за все время наблюдений. Средняя температура периода 1961-1990 гг., принимаемая Всемирной метеорологической организацией за климатическую норму, была превзойдена в 2015 году на 0,76°C: предыдущий максимум наблюдался годом ранее, в 2014 году, и составил 0,57°C. Следует отметить, что из 5 наиболее теплых лет 4 наблюдались в 21 столетии (а 5-й – 1998 г.). По данным 310 метеостанций Росгидромета 2015 год был самым теплым с 1936 г.: осредненная по территории России среднегодовая аномалия температуры воздуха (отклонение от среднего за 1961-1990 гг.) составила +2,16°C (в 2007 г. +2,07°C, в 1995 +2,04°C). Рекордно тепло было как в ЕЧР (+2,07°C), так и в АЧР (+2,20°C). Повсеместно, кроме северо-востока ЕЧР, Уральского и северо-востока Дальневосточного федеральных округов, отмечены экстремальные годовые температуры, в среднем наблюдающиеся реже 1 раза в 20 лет.

Потепление (1976-2015 гг.) продолжается в среднем за год на всей территории России (0,45°C/10 лет), максимум потепления – на арктическом побережье и западе ЕЧР. Теплеет во все сезоны, кроме зимы, наиболее быстро весной (0,59°C/10 лет). Зимой после очень быстрого потепления в 1976-1995 гг. наблюдалось похолодание, которое возможно прекратилось после самой холодной за последние 30 лет зимы 2010 г.

В *табл. 1* приведены количественные данные об аномалиях температуры, осредненных по федеральным округам [3].

<b>Среднегодовая температура воздуха, осреднённая по федеральным округам (по данным Росгидромета)</b>		
Федеральный округ	Среднегодовая температура	Аномалия
Северо-Западный	2,38	2,37
Центральный	6,98	2,40
Приволжский	4,90	1,82
Южный	11,38	1,89
Северо-Кавказский	10,17	1,39
Уральский	-1,64	2,08
Сибирский	-2,51	2,52
Дальневосточный	6,26	1,95
Крымский	11,98	1,68

Во всех высотных зонах Северного Кавказа (горной, предгорной, степной) в целом за год, весной, летом и осенью наблюдается потепление; зимой отмечено незначительное похолодание только на высокогорной метеостанции Терскол. На ЕЧР годовые температуры воздуха, в основном, положительны. Только в предгорьях Северного Урала, внутренних районах Кольского полуострова и в бассейне реки Печоры они ниже нуля на 1-3°C. Самые высокие годовые температуры воздуха отмечаются на Черноморском

побережье Кавказа и южных побережьях Дагестана (10-11°C). На АЧР наиболее холодными являются центральные и восточные районы Республики Саха (Якутия). Положительные годовые температуры на АЧР отмечаются на юге Западной Сибири, в Хабаровском и Приморском краях, на юге Сахалина и Камчатки (рис. 1) [3].



Рис. 1. Среднеголетняя годовая температура воздуха

Образование осадков и их количество на любой территории зависит от трех основных условий: влагосодержания воздушной массы, ее температуры и возможности восхождения. Эти факторы, действуя совместно, создают довольно сложную картину географического распределения осадков (рис. 2) [3].



Рис. 2. Среднегодовое количество атмосферных осадков

На территории России преобладает тенденция к росту годовых сумм осадков; тренд составляет 2,0%/10 лет при вкладе в дисперсию 29% (значим на уровне 1%). Тенденция роста осадков преобладает осенью и особенно весной (5,8%/10 лет, вклад в дисперсию 31%). Летом в ЕЧР и на арктическом побережье, зимой в северных и центральных областях Дальневосточного федерального округа имеются области заметного убывания осадков (скорость более 5%/10 лет).

На Северном Кавказе годовые и осенние осадки растут во всех высотных зонах; летом преобладает тенденция к незначительному убыванию. Характеристики снежного покрова в целом по России не сильно отличались от нормы. Однако максимальный за зиму запас воды в снеге в среднем был значительно выше нормы, в десятке наибольших с 1967 года. В период 1976-2015 гг. обнаружены тенденции увеличения максимальной высоты снежного покрова в центре ЕЧР, на севере Западной и на значительной части Восточной Сибири, ряде областей Дальнего Востока.

Зимой осадки уменьшаются на севере Дальневосточного федерального округа и в Средней Сибири. Летом убывают осадки на ЕЧР (кроме севера): отрицательные тренды наблюдаются как для ЕЧР в целом, так и для всех федеральных округов, кроме Северо-Западного, а также на арктическом побережье от Ямала на восток, на Камчатке. В эти два сезона значимый тренд отмечен только для Средней Сибири.

В *табл. 2* представлены места на территории Российской Федерации с минимальным и максимальным средним многолетним количеством осадков.

<b>Наибольшее и наименьшее годовое количество осадков, мм</b>			
<b>Наибольшее</b>		<b>Наименьшее</b>	
Ачишко (Кавказ)	3200	Коч-Агач (Юго-восточный Алтай)	116
Симушир (Курильские острова)	1706	Острова Медвежьи (Восточно-Сибирское море)	148
Ненастная (Кузнецкий Алатау)	1507	Астрахань	208

Вследствие наблюдающегося глобального изменения климата происходит увеличение числа гидрометеорологических явлений. За последние 20 лет их количество увеличилось почти в 2 раза.

На *рис. 3* представлены данные Росгидромета о динамике количества гидрометеорологических опасных явлений (ОЯ), относящиеся лишь к опасным явлениям и комплексам гидрометеорологических явлений (включая гидрологические и агрометеорологические явления), которые нанесли значительный ущерб отраслям

экономики и жизнедеятельности населения (общее число и количество непредусмотренных ОЯ) [4].

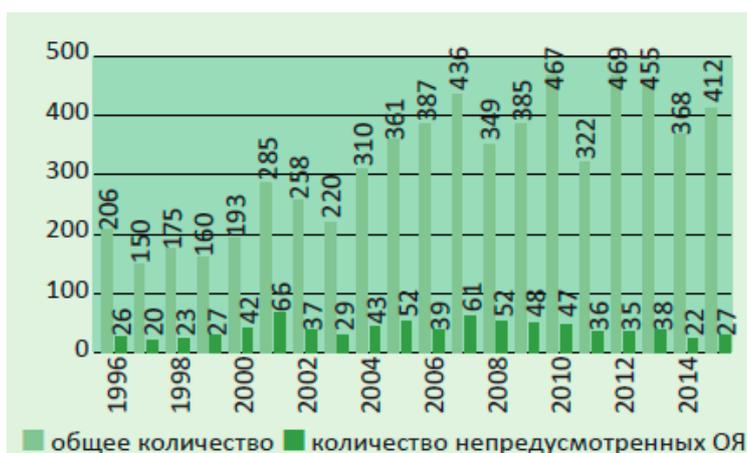


Рис. 3. Динамика распределения гидрометеорологических ОЯ

Тенденции в изменении количества атмосферных осадков ведут к изменению на территории стока рек. И в данном случае доминирующей тенденцией является увеличение стока крупнейших рек бассейна Северного Ледовитого океана. Увеличилась межгодовая изменчивость стока, в результате чего наблюдаются как аномально многоводные, так и аномально маловодные годы и сезоны. В регионах, где максимальные расходы формируются дождевыми паводками (Черноморское побережье Кавказа, бассейны Кубани и Амура), в конце прошлого – начале нынешнего столетия отмечались катастрофические наводнения, не наблюдавшиеся ранее.

На основании 9-ти балльной шкалы природной опасности, основанной на ранжировании разрушительного воздействия природного процесса в зависимости от силы его проявления, разработана карта суммарной оценки природной опасности субъектов Российской Федерации (рис. 4).

Учитывались 17 наиболее распространённых видов природных опасностей: наводнения, циклоны тропические и внетропические, сильные ветры (смерчи, шквалы), снегопады и метели, грозы, град, интенсивные ливни, экстремально низкие температуры воздуха, засухи, снежные лавины, селевые потоки, оползни, землетрясения, цунами, извержения вулканов.



Рис. 4. Суммарная степень природной опасности по субъектам Российской Федерации  
(по данным географического факультета МГУ)

Для России характерно увеличение степени опасности с запада на восток и на юг, с продвижением в горные районы. Наименее опасные районы характерны для северо-запада Европейской части России. Наиболее опасные районы отмечаются на территориях республик Северного Кавказа, гор Алтая, Прибайкалья и Забайкалья, Тихоокеанского побережья Дальнего Востока и особенно Сахалина, Курильских островов и Камчатки.

#### *Водный режим рек*

Рассматривая водный режим рек страны, обращаемся к классификации М.И. Львовича [5], разработанной в результате анализа не только внутригодового распределения стока рек, но и источников их питания – снегового, ледникового, дождевого и грунтового, выполненные путем расчленения гидрографов стока. В зависимости от вкладов отдельных источников питания в общий годовой сток, реки подразделяются на следующие типы:

- реки чисто снегового питания (снеговое питание составляет более 80% годового);
- реки чисто дождевого питания (дождевое питание составляет более 80% годового);
- реки преимущественно снегового питания (снеговое питание составляет более 50% годового);
- реки преимущественно дождевого питания (дождевое питание составляет более 50% годового);

– реки смешанного питания, вклад каждого из источников питания составляет менее 50%.

Вместе с тем следует иметь в виду, что фундаментальные исследования по водному режиму рек страны были выполнены несколько десятилетий тому назад. За прошедшие после этого годы отчетливо обозначился процесс потепления климата, о чем было сказано выше.

В этой связи чрезвычайно важно рассмотреть многолетнюю динамику сезонного и месячного стока рек, включая данные наблюдений за последние годы.

В монографии «Водные ресурсы России и их использование под редакцией И.А. Шикломанова [6] приведены результаты анализа многолетних колебаний годового и сезонного стока рек России.

Основной особенностью современных изменений водного режима рек на преобладающей части территории страны является существенное увеличение в последние 20-25 лет водности в меженные периоды, особенно в зимние месяцы. В пределах крупных регионов России для большинства рассмотренных рек отмечаются значимые (при уровне значимости 95%) положительные тренды увеличения стока зимней и летне-осенней межени. Наблюдающаяся для обширных территорий «синхронизация» изменений меженного стока (особенно зимнего) и масштабы этих изменений являются неординарными и не имеют аналогов в XX столетии. Рост меженного стока обусловил в 1980-1990-х гг. увеличение водных ресурсов даже в бассейнах рек, где произошло снижение стока весеннего половодья. Анализ данных наблюдений за последние сто лет позволил прийти к выводу о том, что такая ситуация сложилась впервые, так как ранее все значительные маловодные и многоводные фазы определялись, прежде всего, величиной стока весеннего половодья. Установлено, что реакция меженного стока на климатические изменения в зависимости от физико-географических условий и конкретных особенностей водосборов может существенно отличаться.

Для рек юго-западного региона ЕТР и примыкающей к нему части бассейна Волги в 1980- 1990-х гг. происходили изменения в генезисе их питания, обусловленные уменьшением весеннего стока и увеличением меженного. Если до второй половины 1970-х гг., в соответствии с классификацией М. И. Львовича, реки указанных выше районов по источникам питания и внутригодовому распределению стока относились к категории рек «преимущественно снегового» питания, то в конце XX в. произошел переход их к категории рек со «смешанным питанием», или даже «смешанным с преобладанием грунтового» (табл. 3).

Таб. 3. Распределение стока рек в (% от годового) за нелимитирующий (весна) и лимитирующий (межень) периоды

Река-пункт	Природная зона	Нелимитирующий период		Лимитирующий период	
		до 1978г.	1978-2005 гг.	до 1978 г.	1978-2005 гг.
Волга - Старица	Лесная	48	33	52	67
Ока - Калуга	Лесная	66	52	34	48
Сосна - Елец	Лесостепная	60	43	40	57
Девица - Девица	Лесостепная	57	40	43	60
Хопер - Пановка	Лесостепная	71	59	29	41
Медведица - Лысье Горы	Степная	70	53	30	47

Это привело к значительному увеличению естественной зарегулированности стока, по своему масштабу сопоставимому с влиянием водохранилищ сезонного регулирования. Этот эффект хорошо иллюстрируется приведенными на *рис. 4* данными по суммарному притоку речных вод в Цимлянское водохранилище за различные многолетние периоды времени.

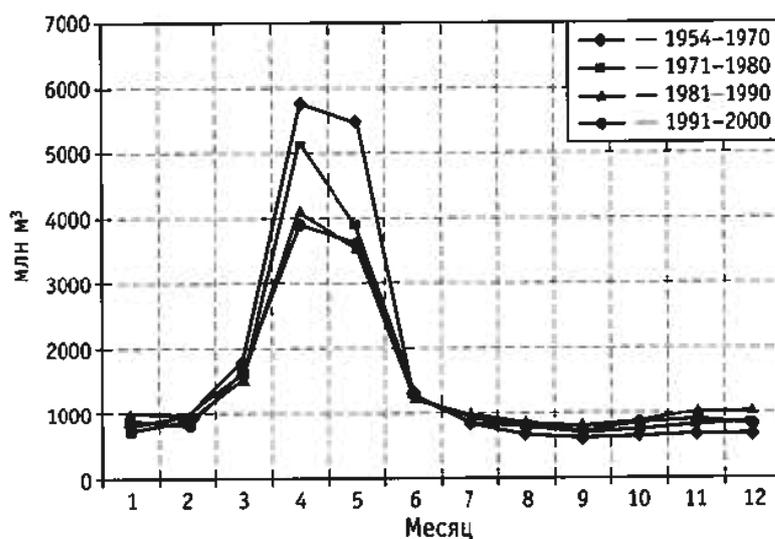


Рис. 4. Приток к Цимлянскому водохранилищу

В результате произошедших изменений сезонного стока на преобладающей части территории страны годовой сток рек в последние десятилетия превысил норму. Вместе с тем выявленные для отдельных крупных регионов существенные положительные аномалии годового стока рек пока не дают основания делать вывод о направленных систематических изменениях в многолетних колебаниях их водных ресурсов. Результаты статистических расчетов свидетельствуют о том, что пока происходящие изменения находятся в пределах естественной изменчивости. Так, например, результаты расчетов

линейных трендов как за весь период наблюдений, так и за единый для всех 300 рассмотренных рядов годового стока (1946-2005 гг.), показали, что значимые оценки трендов получены меньше чем для 5% гидрометрических створов.

Как было показано выше, со второй половины 1970-х гг., на значительной части территории страны, происходят существенные изменения во внутригодовом распределении стока рек, основной характерной особенностью которых является увеличение водности в меженные месяцы. Наиболее значительные и четко выраженные изменения выявлены на ЕТР. Аналогичные изменения отмечаются также на реках Украины, Беларуси и Балтии. Таким образом, можно говорить об идентичности изменений водного режима рек обширной зоны Восточно-Европейской (Русской) равнины.

В сложившейся, со второй половины 1970-х гг., гидрометеорологической ситуации были созданы благоприятные условия для инфильтрационного питания подземных вод и увеличения их запасов в различных подземных горизонтах (глубина залегания подземных вод по данным рассматриваемых водно-балансовых станций составляет от 4 до 35 м от поверхности земли), в результате чего четко обозначилась тенденция к повышению уровня подземных вод. Это повышение к началу 1990-х гг. достигло 50-130 см. Средний годовой уровень подземных вод в 1978-1990-х гг. находился на 15-85 см выше, чем за предшествующий период наблюдений. Увеличение запасов подземных вод привело, в свою очередь, к возрастанию подземного питания рек и значительному росту их меженного стока. Увеличение меженного стока, по данным водно-балансовых станций, достигает 50-60%. Вывод о том, что основной причиной возрастания подземного питания рек и роста меженного стока является увеличение запасов подземных вод, хорошо подтверждается анализом зависимостей летне-осеннего и зимнего стока рек от среднего за сезон уровня подземных вод.

Следует особо подчеркнуть, что эти выводы относятся к стоку рек, дренирующих основные водоносные горизонты. Что касается расположенных в лесостепной и степной зонах ЕТР временных водотоков, а также малых рек, которые не дренируют основные водоносные горизонты, то, несмотря на повышенную увлажненность, может происходить снижение их стока во все сезоны года.

Несмотря на то, что осадки со второй половины 1970-х гг. увеличились по сравнению с предшествующим многолетним периодом на 77 мм, отмечается снижение стока в результате того, что избыточная влага попадает через зону аэрации в подземные горизонты, дренируемые более крупными реками. Аналогичная картина очень четко прослеживается и для лесостепной зоны.

Изменение водности влечет за собой изменение целого ряда факторов, влияющих на русловые процессы: устойчивость русла в сезонном и многолетнем переформировании, характеристику стока наносов с их взвешенной и влекомой составляющих, изменение местоположения перекаатов и плесов в связи с размывами дна и берегов, влияющих на положение судовых ходов и размещение водозаборных сооружений.

## **ВЫВОДЫ**

1. Изменения климата неоднородны во времени и пространстве.
2. Наряду с потеплением отмечается сдвиг среднегодового климата в сторону более влажных условий.
3. С возрастанием неустойчивости климата важны оценки вероятности рисков возникновения экстремально низких или, наоборот, высоких значений климатических показателей.
4. Возрастает необходимость научно-обоснованных прогнозов влияния климатических изменений на водные ресурсы на 30-40-50 лет вперед.
5. Срочно необходима разработка концепции или схемы перераспределения водных ресурсов с помощью межбассейновых каналов, основанных не только для удовлетворения всех видов водопользования, защиты от вредного воздействия вод, а также для поддержания оптимальной экологической обстановки при отсутствии (минимизации) негативных социально-экономических и экологических последствий от таких воздействий с усилением роли системы многолетнего и сезонного регулирования стока, которое будет учитывать необходимость сдерживания экстремальных проявлений водности.
6. Для кардинального повышения эффективности борьбы с катастрофическими наводнениями в России необходимо внедрять на всех уровнях стратегии предупреждения и предотвращения наводнений и управления рисками. Для этого необходимо: развитие современных бассейновых систем прогнозирования, предупреждения и защиты от наводнений; упорядочение землепользования и градостроительства в зоне риска от наводнений на основе надежной оценки зон затопления, уязвимости и риска наводнений; создание системы страхования от наводнений; повышение эффективности государственной системы действий и ответственности в чрезвычайных ситуациях.
7. Нельзя забывать о разъяснении Конференции ООН в Рио де Жанейро, что вода, главным образом, является социальным и природным благом, а только потом экономическим.

## ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Изменение климата. Доклад межправительственной группы экспертов. Последствия, уязвимость и адаптация. Раздел 2 / Под ред. Р.Т. Уотсона. – Женева: ВМО, 2003. – С. 1-99
2. Глобальные изменения климата и прогноз рисков в сельском хозяйстве – Российская академия сельскохозяйственных наук. – 2009. – 518 с.
3. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Российской Федерации в 2015 году». – М.: НИА-Природы. 2016. – 640 с.
4. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2015 году». – М.: НИА-Природы. 2016. – 270 с.
5. Львович М.И. Опыт классификации рек СССР // Труды ГГИ, Вып. 6. – 1938. — 58 с.
6. Водные ресурсы России и их использование / Под ред. Шикломанова И.А. – СПб.: ГГИ. 2008. – 598 с.

### *Сведения об авторе:*

Омельяненко Виктор Анатольевич, Почётный работник водного хозяйства, первый заместитель директора автономной некоммерческой организации «Национальное информационное агентство «Природные ресурсы», тел: +7 (916) 153-36-71, e-mail: nia\_priroda@mail.ru