

*В.И. Бабкин, В.Н. Воробьев, Н.П. Смирнов*

**ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ РЕК ЦЕНТРАЛЬНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ОКРУГА РОССИИ И ИХ ИЗМЕНЧИВОСТЬ**

*V.I. Babkin, V.N. Vorobyev, N.P. Smirnov*

**WATER RESOURCES OF THE RIVERS IN THE CENTRAL  
FEDERAL DISTRICT OF RUSSIA AND THEIR**

*В работе рассмотрены изменения водообеспеченности рек Центрального Федерального округа России с 1930 по 2003 г. Анализируется формирование водообеспеченности, ее временная структура, связь изменчивости водных ресурсов округа с интенсивностью атмосферной циркуляции над Атлантикой и Европой. Высказаны прогностические предположения об изменении водообеспеченности Центрального Федерального округа на ближайшие 20 – 25 лет.*

*The paper considers changes in water availability for the rivers in the Central Federal District of Russia in 1930 – 2003. Formation of water supply, its temporal structure, connection between variability in water resources of the District and intensity of the atmospheric circulation over the Atlantic and Europe are analysed. Prognostic opinions on changes in water availability for the Central Federal District in the next 20 – 25 years are given.*

Значение объема и качества водных ресурсов для экономического развития различных территорий, а следовательно, и жизни людей, постоянно возрастает. Центральный регион России один из самых экономически развитых, и в нем проживает значительная доля населения страны. Поэтому обеспеченность водными ресурсами в этом регионе – важная экономическая и социальная проблема.

В последние годы существует беспокойство об истощении водных ресурсов в ряде стран мира и их значительным загрязнением [Голубев, 1999; Зайцева, 2000]. В целом ситуация в Российской Федерации на фоне среднемировых показателей, особенно развитых стран, выглядит вполне удовлетворительной. Тем не менее в отдельных регионах России обстановка не столь оптимистична. Так, уже сейчас наблюдаются трудности с обеспеченностью водными ресурсами в регионах, наиболее населенных и экономически развитых, к которым относятся центр и юг Европейской России, Уральский промышленный регион.

В данной работе анализируется динамика водообеспеченности Центрального Федерального округа России с 1930 по 2003 г. и обсуждаются причины, определяющие эту изменчивость.

Водные ресурсы Центрального Федерального округа России складываются из тех, которые формируются на территории самого округа, и тех, которые поступают в него из других регионов. В среднем около 83 % из общих водных ресурсов формируется в пределах самого округа и только 17 % поступает в него из других регионов (табл. 1).

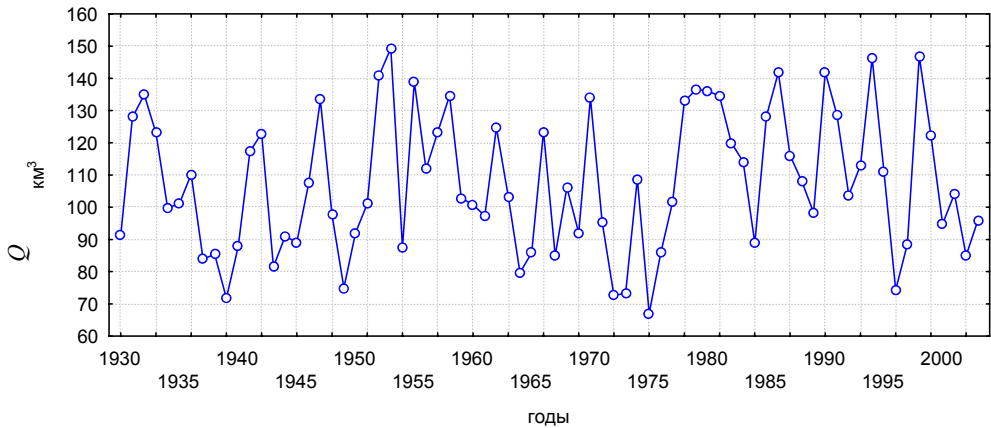
Таблица 1

Статистические характеристики водных ресурсов рек  
Центрального Федерального округа (1930 – 2003 гг.)

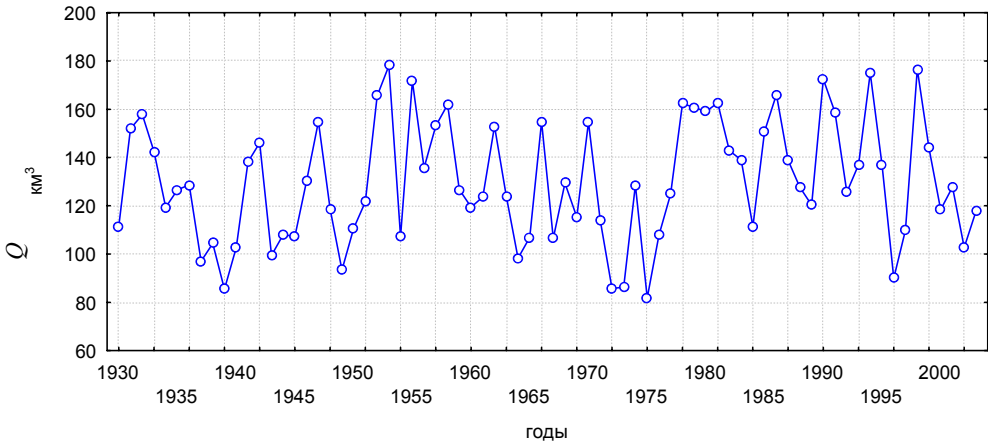
Характеристика	Местный сток, $Q_{\text{мест}}$	Приток, $Q_{\text{прит.}}$	Общие ресурсы, $Q_{\text{об.}}$
Средние значения, км <sup>3</sup>	107,6	22,2	129,8
Дисперсия $D$	467,6	20,1	635,4
Среднее квадратичное отклонение, $\sigma$	21,6	4,5	25,2
Максимальное значение	149,4	32,8	178,0
Минимальное значение	67,0	12,9	81,8
Размах	82,4	19,9	96,2

Как видно из табл. 1, величины объемов общих водных ресурсов в многоводные и маловодные годы могут различаться более чем в два раза. Это, по-видимому, один из главных недостатков в водообеспечении Центрального региона России.

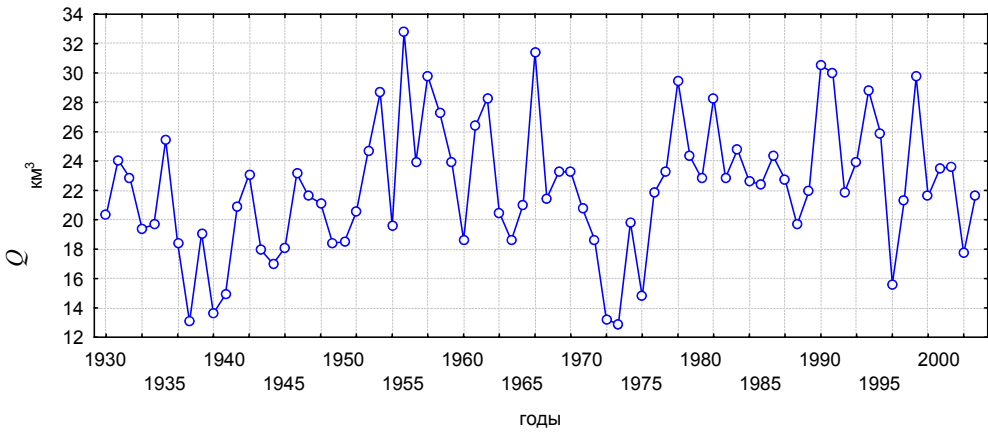
На рис. 1 приведены значения величин общих ресурсов, местного стока и притока в Центральный Федеральный округ России за 74 года. Из рисунка видно, что изменения общих водных ресурсов полностью повторяют многолетний ход местного стока, что и следовало ожидать, учитывая долю водных ресурсов, поступающих из других регионов (17 %). Коэффициент корреляции между изменениями местного стока и общих ресурсов равен 0,99.



а)



б)



в)

Рис. 1. Многолетние изменения водных ресурсов Центрального Федерального округа.  
 а – общие ресурсы, б – местный сток, в – приток.

В связи с большим размахом многолетней изменчивости общих водных ресурсов региона интересно проанализировать временные закономерности этой изменчивости.

На рис. 2 приведена периодограмма многолетних колебаний  $Q_{об}$ .

Из приведенного рисунка видно, что наиболее выраженными являются циклические колебания водности с периодами 4, 12 и около 30 – 35 лет. Наличие этих циклов в колебаниях водности рек рассматриваемого региона можно наблюдать чисто визуально, если проанализировать рис. 1 и рис. 3.

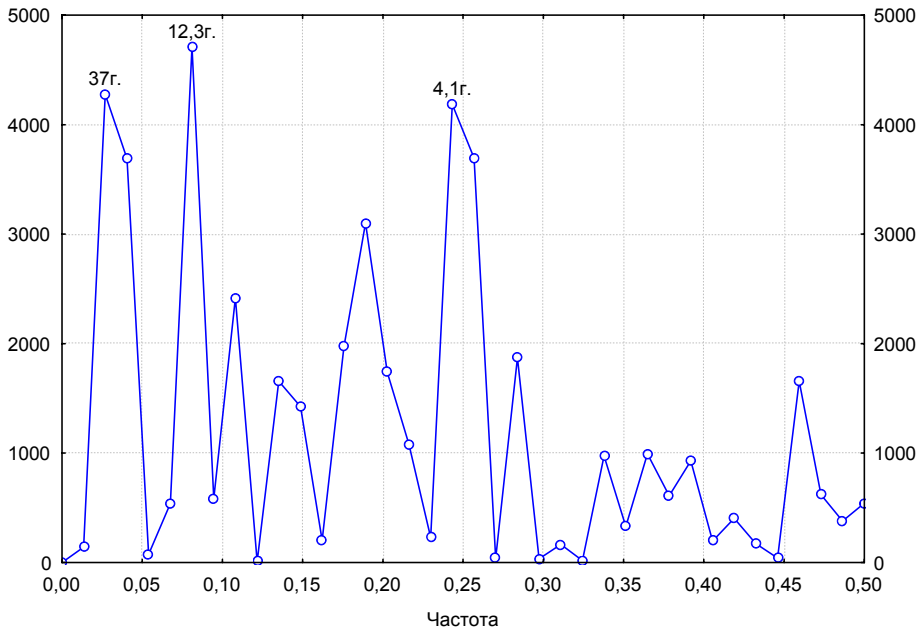


Рис. 2. Периодограмма многолетних изменений общих водных ресурсов Центрального Федерального округа

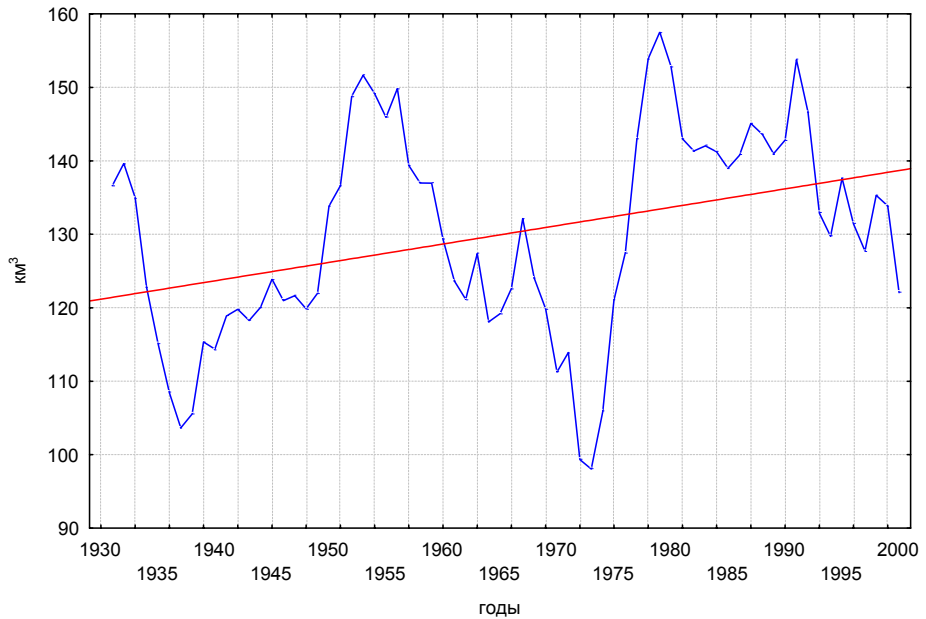


Рис. 3. Сглаженные по 5-летиям значения общих водных ресурсов Центрального Федерального округа и их линейный тренд

На последнем из этих рисунков приведены пятилетние скользящие средние значения общих водных ресурсов рек Центрального региона и их линейный тренд за 74 года. В табл. 2 приведены величины линейных трендов для местного стока, приточного и общих ресурсов.

Таблица 2

**Линейные тренды и стандартные отклонения многолетней изменчивости водных ресурсов рек Центрального Федерального округа (1930-2003 гг.)**

Характеристика	Величина тренда, км <sup>3</sup>	$\sigma$ , км <sup>3</sup>
Местный сток	8,5	21,6
Приток	3,8	4,5
Общие ресурсы	11,4	25,2

Из табл. 2 следует, что величины трендов во всех трех случаях меньше  $\sigma$ . Для местного стока и общих ресурсов они более чем в два раза меньше стандартного отклонения. Это свидетельствует о том, что достоверность наличия линейного тренда в рассматриваемых рядах невелика. Если рассматривать период времени с 1930 по 1970 г., то линейный тренд был бы отрицательным. Однако достаточно заметное увеличение стока в 80-90-е годы прошлого столетия и привело к тому, что линейный тренд за 74 года оказался положительным. Связано это в первую очередь с тем, что в 80-90-е годы усилилась циклоническая деятельность в Атлантическом регионе северного полушария, увеличился индекс Северо-Атлантического колебания (NAO) [Смирнов, 1998].

С увеличением индекса NAO сток всех европейских рек к северу от 52 – 53° с.ш. увеличивается [Hurrell, 1995; Бабкин, 1999]. Большая же часть бассейнов рек Центрального Федерального округа России расположена к северу от 53° с.ш. Определенную роль в увеличении здесь стока может играть и промышленное развитие региона во второй половине XX столетия. Это привело к увеличению выбросов в атмосферу пыли и других химических компонентов, что увеличило вероятность выпадения осадков. Возможно, именно с этим связано особенно заметное возрастание стока р. Москвы.

Что касается влияния Северо-Атлантического колебания на многолетнюю изменчивость стока рек Центрального региона, то здесь все достаточно очевидно. Основной приходный элемент водного баланса Европы – атмосферные осадки. Преобладающий перенос осадков идет на Европу с запада, с Атлантики. Наиболее часто зарождаются циклоны, несущие влагу, в зоне расположения Исландской депрессии. Далее они следуют в восточном направлении и при этом траектории их перемещения значительно варьируют по широте. При наиболее северном их прохождении они минуют всю Центральную и Южную Европу, захватывая только Скандинавию и север Европейской территории России. Иногда же они опускаются далеко к югу и даже окончательно формируются в Средиземном море и следуют по южной периферии Западной и Восточной Европы.

От чего зависят пути перемещения циклонов? Прежде всего от интенсивности атмосферной циркуляции над Северной Атлантикой, в качестве численного индекса которой уже давно принято считать Северо-Атлантическое колебание – NAO. Многочисленные исследования последних лет показали, что климатические колебания от восточной Канады и США до восточной Сибири включительно, а также всей Северной Атлантики и Арктики определяются изменениями атмосферной циркуляции над Северной Атлантикой [Алексеев, 1999; Бабкин, 2004; Воробьев, 2003 и др.].

Одной из первых работ по влиянию Северо-Атлантического колебания на атмосферные осадки в Европе было исследование Дж. В. Харрела [Hurrell, 1995]. Им было показано, что для территории северо-запада и юга Европы наблюдается высокая корреляция между суммами атмосферных осадков за зимний период и индексом NAO. При этом если значения индекса NAO увеличиваются, то возрастают осадки на севере Европейского континента и уменьшаются на юге, а если индекс NAO ослабевает, усиливаются осадки на юге Европы и уменьшаются на севере. Смена знака колебаний осадков происходит примерно в районе параллелей 50 – 52° с.ш.

Позднее было выполнено подробное исследование влияния Северо-Атлантического колебания на сток 35 рек Западной Европы [Бабкин, 1999]. Было установлено, что при усилении интенсивности атмосферной циркуляции над Северной Атлантикой циклоны перемещаются по более северным траекториям, что приводит к увеличению стока рек Скандинавии и уменьшению стока рек Южной Европы. При низких значениях индекса NAO циклоны следуют южными траекториями, что приводит к увеличению стока рек Испании, Италии и Балканского полуострова и уменьшению стока северных рек.

Проанализируем, как связаны водные ресурсы рек рассматриваемого нами региона с многолетними изменениями индекса Северо-Атлантического колебания. В табл. 3 приведены коэффициенты корреляции между значениями индекса NAO и объемами стока при их 5-летнем и 11-летнем скользящем осреднении. В таблице помимо обобщенных данных приведены коэффициенты корреляции и для двух бассейнов конкретных рек региона: Волги (створ Старица) и Днепра (створ Смоленск).

*Таблица 3*

**Коэффициенты корреляции между индексом Северо-Атлантического колебания и значениями водных ресурсов рек Центрального Федерального округа, сглаженными по 5-летиям и 11-летиям ( $r_{995\%} = 0,31$ )**

Индекс	Общие ресурсы	Местный сток	Приток	Волга Старица	Днепр Смоленск
	$Q_{об}$	$Q_{мест.}$	$Q_{прит.}$		
NAO 5-летн.ск.ср.	0,44	0,44	0,40	0,43	0,46
NAO 11-летн.ск.ср.	0,60	0,62	0,48	0,61	0,68

Как следует из табл. 3, действительно в долгопериодной части спектра изменчивости связь водных ресурсов Центрального региона с индексом NAO достаточно высока. Максимальные значения водности наблюдаются на 4-5-й год после максимальных значений индекса NAO. Такой сдвиг объясняется тем, что при самых максимальных значениях индекса NAO циклоны в своем движении не захватывают территорию Центрального Федерального округа, проходя севернее. И только при некотором ослаблении индекса они спускаются к югу.

На рис. 4 приведено сопоставление 11-летних скользящих средних значений индекса NAO и общих водных ресурсов Центрального региона, которые для удобства сопоставления сдвинуты относительно NAO на пять лет.

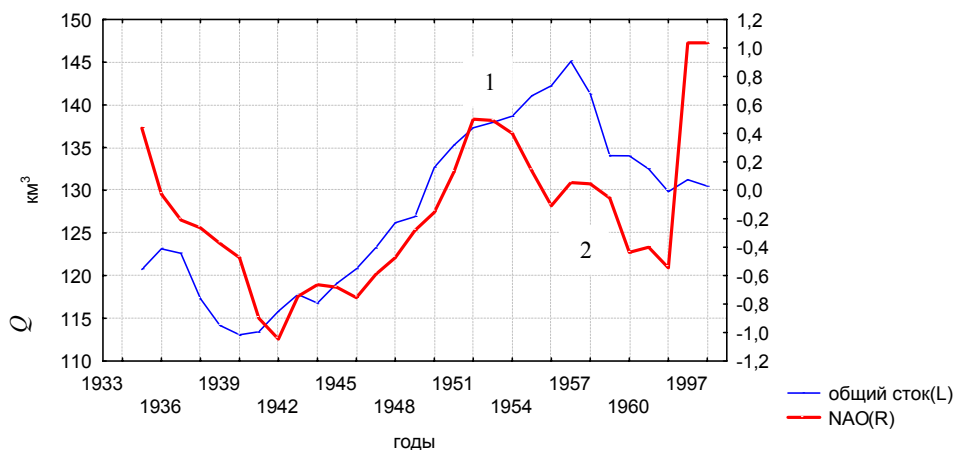


Рис. 4. Сопоставление значений индекса NAO и общих водных ресурсов Центрального Федерального округа, сглаженных 11-летним скользящим осреднением.  
1. – общий сток, 2. – NAO.

Таким образом, индекс Северо-Атлантического колебания может служить основой для прогностических оценок водности рек в Центральном регионе. Можно полагать, с учетом наблюдающегося с конца прошлого столетия снижения значений индекса NAO, что в ближайшие 20 – 25 лет будет наблюдаться уменьшение водных ресурсов в Центральном Федеральном округе России, однако это уменьшение будет находиться в рамках тех значений, которые наблюдались ранее в 40-е и 70-е годы.

Что касается причин многолетней изменчивости циркуляции атмосферы, которая и определяет изменения климата в том или ином районе Земли, то это проблема достаточно сложная. Однако в последние годы появляется все больше работ, позволяющих надеяться на то, что решение этой проблемы будет найдено в текущем столетии. В этом плане много сделано и отечественными учеными [Кляшторин, 2000; Смирнов, 2004; Гудкович, 2005]. Сейчас уже очевидно, что происходящие на поверхности Земли процессы есть отра-

жение внутренних процессов Земли, тех процессов, которые происходят в Солнечной системе возможно даже, что в ближайших к нам областях нашей Галактики.

### Литература

1. *Алексеев Г.В.* Многолетние колебания ледовых условий и атмосферной циркуляции в приатлантической Арктике и Северной Атлантике. // *Метеорология и гидрология*, 1998, № 9, с. 87–98.
2. *Алексеев Г.В., Бабкин В.И., Смирнов Н.П.* Многолетние изменения речного стока в Северный Ледовитый океан и их связь с характеристиками климата высоких и умеренных широт Северного полушария. // *Труды ГНЦ РФ ААНИИ*, 1999, т. 441, с. 181–194.
3. *Бабкин В.И.* и др. Северо-Атлантическое колебание и многолетняя динамика стока рек Европы. / В сб. *Современные проблемы гидрометеорологии*. – СПб.: изд. РГГМУ, 1999, с. 114–121.
4. *Бабкин В.И., Воробьев В.Н., Смирнов Н.П.* Колебания стока Оби, Енисея и Лены и динамика циркуляции атмосферы в Северном полушарии. // *Метеорология и гидрология*, 2004, № 1, с. 74–80.
5. *Воробьев В.Н., Смирнов Н.П.* Арктический антициклон и динамика климата Северной Полярной области. – СПб.: изд. РГГМУ, 2003. – 81 с.
6. *Голубев Г.Н.* Геоэкология. – М.: изд. ГЕОС, 1999. – 337 с.
7. *Гудкович З.М., Карклин В.П., Фролов И.Е.* Внутривексовые изменения климата, площади ледяного покрова Евразийских арктических морей и их возможные причины. // *Метеорология и гидрология*, 2005, № 6, с. 5–14.
8. *Зайцева И.С.* Антропогенные воздействия на водные ресурсы континентов. В сб.: *Глобальные изменения природной среды (климат и водный режим)*. – М.: Научный мир, 2000, с. 183–194.
9. *Кляшторин Л.Б.* Крупномасштабные изменения рыбопродуктивности океана. / В сб.: *Глобальные изменения природной среды (климат и водный режим)*. – М.: Научный мир, 2000, с. 298–304.
10. *Смирнов Н.П., Воробьев В.Н., Кочанов С.Ю.* Северо-Атлантическое колебание и климат. – СПб.: изд. РГГМУ, 1998. – 121 с.
11. *Смирнов Н.П., Сарухян Э.И., Розанова И.В.* Циклонические центры действия атмосферы южного полушария и изменения климата. – СПб.: изд. РГГМУ, 2004. – 217 с.
12. *Hurrell J.W.* Decadal Trends in the North Atlantic Oscillation. Regional Temperatures and Precipitation // *Science*, 1995, vol. 269, p. 676–679.
13. *Kapala A, Machel H, Flohn H.* Behaviour of the centers of action above the Atlantic since 1881. Part 2. Associations with regional climate anomalies. // *Jnt. Journ. Climatology*, 1998, vol. 18, p. 23–26.
14. *Lamb P.J. and Pepler B.A.* North Atlantic Oscillation. Concept and an Application. // *Bulletin American Meteorological Society*, 1987, vol. 68, № 10, p. 1218–1225.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 05-05-65041).