

# ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ РАВНИНЫ И ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ В КОНТРАСТНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

П. А. ТОРОПОВ

*Московский государственный университет, Россия*

e-mail: tormet@inbox.ru

This article addresses an estimation of the reaction of the hydrologic regime of the East European and West Siberian plains on the long-term global climatic changes which took place during last 20 000 years. The calculations of the annual runoff were based on results of 16 models of global atmospheric circulation, taking part in the international project PMIP.

## Введение

Одна из наиболее важных прикладных задач географии — оценка реакции речного стока на крупномасштабные климатические изменения. Кроме того, речной сток, являющийся интегральным показателем условий увлажнения определенного региона, удобно использовать для верификации результатов численного моделирования. Для подобных задач естественно использовать контрастные климатические события последних 20 тыс. лет.

В данной работе выполнена оценка реакции гидрологического режима Восточно-Европейской равнины и Западно-Сибирской низменности на глобальные климатические изменения, происходившие во время позднеплейстоценового похолодания (18–21 тыс. календарных лет назад) и в середине голоцена (5–6 тыс. календарных лет назад), а также проанализировано качество современных гидрологических моделей. Для расчетов использовались результаты 16 моделей общей циркуляции атмосферы (МОЦА), участвующих в международном проекте PMIP (Paleoclimate Modeling Intercomparison Project) [1].

## 1. Оценка качества моделирования современного климата и гидрологического режима

Проект PMIP направлен, во-первых, на выявление генезиса долгопериодных колебаний климата на примере событий прошлого, а во-вторых — на изучение чувствительности МОЦА различного пространственного разрешения на возмущения граничных условий.

В рамках проекта проводится три серии численных экспериментов. В первую очередь, осуществлялось моделирование современного климата, результаты которого использовались как “эталон” для сравнения с контрастными климатическими условиями. Вслед за этим воспроизводились условия холодной эпохи позднеплейстоценового криохрона (21 тыс. календарных лет назад) и теплого оптимума голоцена (6 тыс. календарных лет назад).

Описание моделей общей циркуляции атмосферы, участвовавших в RMP, можно найти в [1]. Подробное тестирование этих моделей на качество воспроизведения современного климата выполнено в работах [2, 3]. Показано, что результатам численного моделирования можно доверять только при их осреднении по территории, площадь которой не менее 1.3 млн км<sup>2</sup> (128 ячеек площадью 2.5×2.5°). И даже в пределах такой большой территории (соответствующей площади бассейна Волги) сезонный ход метеорологических характеристик воспроизводится моделями данного пространственного разрешения (в среднем 3×4°) со значительными погрешностями. Так, средняя ошибка годовой амплитуды температуры составляет 5(±4) °C, осадков — 20(±15) % от современной годовой суммы (в скобках указаны величины межмодельного разброса).

При тестировании МОЦА сталкиваются с еще одной проблемой, связанной с качеством климатических архивов, с которыми обычно сопоставляются результаты численного моделирования. В [2, 4] выполнена верификация некоторых климатических архивов осадков и испарения. Результаты этой верификации представлены в табл. 1. Хорошо видно, что расхождения между годовыми суммами осадков, испарения и стока, осредненных по территории Восточно-Европейской равнины для перечисленных выше архивов, различаются на 20–25 %. Это означает, что “климатического эталона”, по крайней мере для этих величин, фактически не существует.

Учитывая эти проблемы, в качестве “эталона” для оценки результатов численного моделирования представляется целесообразным выбрать средний многолетний годовой сток с крупных водосборов Восточно-Европейской равнины и Западно-Сибирской низменности (Волги, Оби, и т. д.), который является надежно измеряемой характеристикой [6].

Предлагается величину “гидрометрического стока” сопоставлять с “климатическим стоком”, полученным по результатам моделирования, который рассчитывается как разность

Т а б л и ц а 1. Средние многолетние составляющие годового водного баланса в условиях современного климата, осредненные по волжскому бассейну, вычисленные по нескольким климатическим архивам осадков и испарения

Архив	Осадки, мм	Испарение, мм	Сток, мм
NCEP/NCAR	590	586	4
ECMW	507	431	76
GPCP	543	—	—
JAeger	677	—	—
LEEMENS	474	437	37
LEGATES	538	—	—
<b>СРЕДНЕЕ<sup>1</sup></b>	<b>555</b>	<b>489</b>	<b>66</b>
<b>НАБЛЮДЕНИЯ<sup>2</sup></b>			<b>179</b>

Примечания.

<sup>1</sup> Среднее арифметическое значение между рассмотренными архивами.

<sup>2</sup> Наблюдаемый (гидрометрический) средний многолетний сток р. Волги в замыкающем створе (ст. “Лебяжья”) [5].

“осадки ( $P$ , мм) минус испарение ( $E$ , мм)”. Полагается, что если ошибка моделирования лежит в пределах  $-20\% \leq \Delta Y \leq 20\%$ , то МОЦА удовлетворительно воспроизводят годовой сток. Дело в том, что ошибка стока  $\Delta Y$ , не превышающая по модулю 20 %, не выходит за пределы экстремальной межгодовой изменчивости, характеризуемой величиной  $2\sigma Y$ , ( $\sigma Y$  — межгодовое среднеквадратичное отклонение стока). Подробно методика оценки годового стока с Восточно-Европейской равнины и Западно-Сибирской низменности описана в [2].

Результаты моделирования годового стока с обеих территорий, представленные в табл. 2, позволяют сделать два важных вывода. Во-первых, ни одна из моделей общей циркуляции атмосферы (кроме CCSR) удовлетворительно не воспроизвела средний многолетний сток со всех выбранных водосборов. Соответственно, успешное воспроизведение

Т а б л и ц а 2. Современный средний многолетний годовой сток, воспроизведенный 16 МОЦА RMP, с водосборов Черного, Каспийского, Балтийского морей и реки Оби и его относительная ошибка (в % от наблюдаемого годового гидрометрического стока) [5, 7]

Модель общей циркуляции атмосферы	Черное море		Каспийское море		Балтийское море		Река Обь	
	Сток, км <sup>3</sup>	Отклонение, %	Сток, км <sup>3</sup>	Отклонение, %	Сток, км <sup>3</sup>	Отклонение, %	Сток, км <sup>3</sup>	Отклонение, %
BMRC	88.9	-71	105	-62	<b>377.0</b>	<b>-20</b>	849	115
CCC2	214.4	-31	<b>266.2</b>	<b>-3</b>	<b>518.9</b>	<b>10</b>	616	56
CCM3	<b>349.9</b>	<b>12</b>	<b>330.1</b>	<b>20</b>	<b>535.6</b>	<b>14</b>	691	75
CCSR	<b>372.8</b>	<b>19</b>	<b>238.5</b>	<b>-13</b>	<b>491.1</b>	<b>4</b>	<b>364</b>	<b>-8</b>
CNRM1	<b>268.3</b>	<b>-14</b>	<b>225.6</b>	<b>-18</b>	568.6	21	<b>337</b>	<b>-15</b>
CSIRO	<b>260.9</b>	<b>-16</b>	<b>248.4</b>	<b>-10</b>	372.7	-21	<b>356</b>	<b>-10</b>
ECHAM3	201.0	-35	210.7	-23	<b>488.7</b>	<b>4</b>	<b>369</b>	<b>-7</b>
GEN2	<b>274.6</b>	<b>-12</b>	139.6	-49	<b>402.9</b>	<b>-14</b>	<b>293</b>	<b>-26</b>
GFDL	<b>260.6</b>	<b>-16</b>	107.6	-61	<b>416.4</b>	<b>-12</b>	146	-63
GISS	110.6	-65	131.1	-52	308.1	-35	226	-43
LMD5	673.8	116	208.3	-24	330.2	-30	162	-59
MRI2	<b>255.4</b>	<b>-18</b>	165.9	-40	<b>425.4</b>	<b>-10</b>	289	-27
UGAM	<b>376.1</b>	<b>20</b>	<b>264.8</b>	<b>-3</b>	<b>450.1</b>	<b>-4</b>	452	14
UKMO	<b>350.6</b>	<b>12</b>	160.6	-41	<b>496.3</b>	<b>5</b>	<b>357</b>	<b>-10</b>
UIUC	521.5	68	<b>228.0</b>	<b>-17</b>	<b>434.0</b>	<b>-8</b>	274	-31
YONU	586.2	87	<b>301.0</b>	<b>10</b>	<b>414.8</b>	<b>-12</b>	<b>452</b>	<b>14</b>
<i>АНС</i> <sup>1</sup>	<i>354(±116)</i>	<i>14(±38)</i>	<i>207(±67)</i>	<i>-25(±32)</i>	<i>439(±71)</i>	<i>-7(±15)</i>	<i>390±189</i>	<i>-2±46</i>
<i>ЛУЧШ</i> <sup>2</sup>	<i>308(±37)</i>	<i>-1(±12)</i>	<i>263(±34)</i>	<i>-4(±13)</i>	<i>454(±49)</i>	<i>-4(±11)</i>	<i>361±118</i>	<i>-9±11</i>
<i>НАБЛ</i> <sup>3</sup>	<i>312</i>	<i>-</i>	<i>274</i>	<i>-</i>	<i>471</i>	<i>-</i>	<i>397</i>	<i>-</i>

Примечания.

<sup>1</sup> АНС — среднее значение по ансамблю всех МОЦА. В скобках указаны значения межмодельного разброса величин стока ( $\pm\sigma$ ).

<sup>2</sup> ЛУЧШ — среднее значение по ансамблю тех МОЦА, которые наиболее точно воспроизводят современные объемы годового стока (выделены жирным шрифтом и курсивом).

<sup>3</sup> НАБЛ — средние значения годового стока, полученные по результатам наблюдений. В скобках указаны значения межгодового среднеквадратичного разброса стока [5, 7].

стока с тех или иных территорий в значительной степени можно считать случайным. Это означает, что нет гарантии, что при возмущении граничных условий МОЦА верно воспроизведет гидрологический режим исследуемой территории. Во-вторых, осреднение результатов по всем 16 моделям дает худший результат, чем осреднение по “лучшим” моделям общей циркуляции атмосферы (не выходящим за ошибку 20 %). Исключение составляет лишь водосбор реки Оби, но здесь осреднение по всем моделям дает слишком большую величину межмодельного разброса.

## 2. Климат и речной сток в контрастных климатических условиях

В экспериментах по воспроизведению климата позднелейстоценового криохрона, выполненных в рамках PMIP, заданы отрицательные аномалии температуры поверхности океана (в соответствии с данными реконструкций CLIMAP [8]), а также распределение ледяных щитов (с соответствующими вариациями альбедо и высоты над уровнем моря) согласно данным реконструкций, представленным в работе [9]. Содержание CO<sub>2</sub> в атмосфере взято равным 200 ppm [10]. Остальные граничные условия, в том числе солярий климат, мало отличались от современного.

Откликом на изменения факторов климатообразования стало формирование в Северном полушарии значительно более холодного климата по сравнению с современным. Распределение аномалий температуры обусловлено в первую очередь наличием скандинавского ледникового щита. На Восточно-Европейской равнине средняя годовая температура была в среднем на 10–12 °С ниже современной, а в Западной Сибири — на 8–10 °С. Межмодельный разброс среднегодовой аномалии температуры воздуха на обеих равнинах составляет 4–5 °С. Это меньше, чем величина самой аномалии, поэтому ее можно считать статистически достоверной. На территории восточно-европейского и западно-сибирского регионов 21 тыс. лет назад осадков выпадало в среднем на 30–40 % меньше, чем в настоящее время. Подробнее с результатами моделирования климата позднелейстоценового криохрона можно ознакомиться в [2, 11, 12].

В табл. 3 приведены результаты расчета стока с водосборов Каспийского, Черного и Балтийского морей, а также с бассейна реки Оби. Хорошо видно, что в целом годовой сток в перечисленные выше водосборы снизился примерно вдвое. Согласно данным палеореконокструкций, суммарный сток, например, в Каспийское море около 20 тыс. календарных лет назад мог составлять 20–25 % от современного [13]. В [14] показано, что сток рек южного склона Восточно-Европейской равнины и сток с Западно-Сибирской низменности в эпохи последнего оледенения уменьшался на 20–25 %. Таким образом, результаты моделирования лишь качественно соответствуют данным реконструкции, количественно различаясь в 1.5–2 раза. Тем не менее они позволяют выявить генезис резкого уменьшения речного стока с равнинных территорий Северной Евразии. Причина этого процесса — в существенном уменьшении годовых сумм осадков, которое, в свою очередь, является следствием глобального понижения температуры атмосферы и поверхности океана. В [2, 15] также оценен уровень регрессионного состояния Каспийского моря, величина которого по данным моделирования достигала 50 м, что неплохо соответствует данным палеореконокструкций [10, 13, 16, 17].

Перейдем к рассмотрению результатов численного моделирования климата и гидрологического режима теплой эпохи оптимума голоцена. На фоне граничных условий, мало

отличавшихся от современных, происходили существенные сезонно-широтные изменения инсоляции на внешней границе атмосферы (эффект Миланковича), оказавшиеся основным фактором, управляющим изменениями климата Земли в течение этих последних

Т а б л и ц а 3. Воспроизведение моделями годового стока с водосборов Черного и Каспийского морей, а также бассейна реки Оби 21 000 лет назад

Модель общей циркуляции атмосферы	Черное море		Каспийское море		Река Обь	
	Сток, км <sup>3</sup>	Отклонение, %	Сток, км <sup>3</sup>	Отклонение, %	Сток, км <sup>3</sup>	Отклонение, %
<b>CCC2</b>	218.7	20	<b>78.0</b>	<b>-68</b>	335	-46
<b>CCSR</b>	<b>138.1</b>	<b>-60</b>	105.2	-45	<b>12</b>	<b>-97</b>
ECHA	246.5	53	157.1	-17	<b>184</b>	<b>-50</b>
GEN2	134.4	-60	54.6	-71	<b>90</b>	<b>-69</b>
LMD5	575.2	-12	209.5	11	297	83
MRI2	108.1	-54	117.2	-38	253	-13
<b>UGAMP</b>	<b>204.4</b>	<b>-39</b>	<b>83.0</b>	<b>-64</b>	116	-74
<i>АНС</i>	<i>232.2</i>	<i>-22</i>	<i>114.9</i>	<i>-42</i>	<i>184</i>	<i>-38</i>
<i>ЛУЧШ</i>	<i>171</i>	<i>-45</i>	<i>80.5</i>	<i>-66</i>	<i>95</i>	<i>-72</i>

Примечание. Дано отклонение от современного объема стока, воспроизведенного моделями.

Т а б л и ц а 4. Воспроизведение моделями годового стока с водосборов европейской Арктики, Черного и Каспийского морей, а также бассейна реки Оби 6 000 лет назад

Модель общей циркуляции атмосферы	Черное море		Каспийское море		Балтийское море		Река Обь	
	Сток, км <sup>3</sup>	Отклонение, %	Сток, км <sup>3</sup>	Отклонение, %	Сток, км <sup>3</sup>	Отклонение, %	Сток, км <sup>3</sup>	Отклонение, %
BMRC	346.7	290	336.1	220	564.5	224	564.5	224
CCC2	221.9	3	<b>278.6</b>	5	<b>425.7</b>	<b>-3</b>	<b>425.7</b>	<b>-3</b>
CCM3	<b>382.7</b>	<b>9</b>	<b>391.7</b>	19	<b>419.1</b>	<b>-1</b>	<b>419.1</b>	<b>-1</b>
CCSR	<b>317.1</b>	<b>-15</b>	<b>207.2</b>	-13	311.7	1	311.7	1
CNRM1	<b>202.3</b>	<b>-25</b>	<b>195.2</b>	-14	<b>404.9</b>	<b>-1</b>	<b>404.9</b>	<b>-1</b>
CSIRO	76.5	-71	121.1	-51	217.5	-20	217.5	-20
ECHAM3	145.0	-28	171.7	-18	<b>445.8</b>	<b>-4</b>	<b>445.8</b>	<b>-4</b>
GEN2	<b>296.2</b>	<b>8</b>	136.1	-3	193.9	-13	193.9	-13
GFDL	<b>263.8</b>	<b>1</b>	111.8	4	249.8	0	249.8	0
GISS	93.2	-16	154.1	18	315.3	14	315.3	14
LMD5	1088.4	61	414.8	100	315.3	56	315.3	56
MRI2	<b>255.1</b>	<b>0</b>	152.1	-8	238.5	-23	238.5	-23
UGAM	<b>367</b>	<b>-2</b>	<b>256.2</b>	-3	<b>322.8</b>	<b>-21</b>	<b>322.8</b>	<b>-21</b>
UKMO	<b>379.2</b>	<b>8</b>	165.9	3	293.7	-14	293.7	-14
UIUC	526.7	1	<b>156.4</b>	-32	243.8	-8	243.8	-8
YONU	594.9	1	<b>297.3</b>	1	258	-2	258	-2
<i>АНС</i>	<i>354(±116)</i>	<i>14(±38)</i>	<i>220(±47)</i>	<i>14(±30)</i>	<i>326(±49)</i>	<i>12(±29)</i>	<i>326(±49)</i>	<i>12(±29)</i>
<i>ЛУЧШ</i>	<i>320(±30)</i>	<i>-2(±6)</i>	<i>255(±37)</i>	<i>-5(±8)</i>	<i>404(±18)</i>	<i>-6(±4)</i>	<i>404(±18)</i>	<i>-6(±4)</i>

10 тыс. лет. 6 тыс. календарных лет назад они составили +5 % летом и –5 % зимой [2] (в среднем по Северному полушарию).

Согласно результатам численного моделирования, ощутимым отличием климата атлантического оптимума от современного является более теплое лето (на 2–3 °С теплее современного) при практически не отличающейся от современной зиме. Подробно о причинах несимметричной сезонной реакции температуры речь идет в [11]. Результаты моделирования показали, что осадков на территории Восточно-Европейской равнины и Западно-Сибирской низменности в эпоху атлантического оптимума выпадало примерно на 5 % меньше, чем в настоящее время.

В табл. 4 приведены результаты расчетов речного стока с главных водосборов Восточно-Европейской равнины и Западно-Сибирской низменности. Хорошо видно, что осреднение между всеми 16 моделями дает статистически незначимое завышение речного стока, а осреднение результатов нескольких “лучших МОЦА”, набор которых определяется для каждого бассейна в отдельности, — слабое занижение стока со всех водосборов. В целом можно сделать вывод о том, что по результатам численного моделирования речной сток 6 тыс. календарных лет назад мало отличался от современного. Получившиеся по результатам модельных расчетов аномалии стока не выходят за пределы межмодельного разброса и естественной изменчивости, составляющей 10–20 %. Полученные данные соответствуют принципиальной оценке, основанной на результатах палеореконокструкций. Результаты большинства эмпирических палеореконокструкций сводятся к тому, что, например, волжский сток 6 тыс. календарных лет назад колебался в пределах  $\pm 10\%$  от современного, т. е. мало отличался от наблюдаемого в современных условиях [16–20]. Данные реконструкций стока реки Оби 6 тыс. календарных лет назад для сравнения с результатами моделирования практически отсутствуют. Однако, учитывая общую направленность климатических изменений на территории Восточно-Европейской равнины и Западно-Сибирской низменности в эпоху оптимума голоцена, нет оснований предполагать, что средний многолетний сток Оби существенно отличался от современного. Правда, в некоторых работах, например в [18], предполагается, что годовая сумма осадков на территории Западно-Сибирской равнины и Восточно-Европейской низменности была на 20–30 % выше, чем в современных условиях.

## Заключение

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы.

Оценка качества моделирования показала, что современные модели общей циркуляции атмосферы способны более или менее успешно воспроизводить лишь средний многолетний гидрологический режим тех рек, площадь водосбора которых не меньше волжского (1.3 млн км<sup>2</sup>). При этом использование полного ансамбля МОЦА нецелесообразно — по-видимому, следует отбирать те модели, которые наилучшим образом воспроизводят годовой сток. То же самое относится и к климатическим архивам осадков и испарения.

Показано, что резкое снижение речного стока с Восточно-Европейской равнины и Западно-Сибирской низменности, а также уровня Каспийского и Черного морей 21 тыс. календарных лет назад имеет климатическую природу, т. е. связано с резким уменьшением годовых сумм осадков. Полученные данные неплохо согласуются с результатами палеореконокструкций.

Нарастание температуры не всегда сопровождается ростом годовых сумм осадков и речного стока. Такой вывод можно сделать, основываясь на результатах численного моделирования теплого события голоцена 6 тыс. календарных лет назад. Так, увеличение среднегодовой температуры происходило на фоне практически неизменных условий увлажнения.

## Список литературы

- [1] JOUSSAUME S., TAYLOR K. Status of the paleoclimate modeling intercomparison project (PMIP) // Proc. of the First Intern. AMIP Sci. Conf., Monterey, California, May 15–19. 1995. / W.L. Gates (Ed.). WCRP 92. WMO/Technical Document 732. Geneva, 1995. P. 425–430.
- [2] ТОРОПОВ П.А. Температурный режим и условия увлажнения Восточно-Европейской равнины в контрастных климатических условиях: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М.: Изд-во МГУ, 2006. 28 с.
- [3] BERGER A. Long-term variations of daily insolation and Quaternary climatic changes // J. Atmos. Sci. 1978. Vol. 35. P. 390–403.
- [4] ТОРОПОВ П.А. Верификация результатов численного моделирования климата Восточно-Европейской равнины // Метеорология и климатология. 2005. № 5. С. 19–30.
- [5] КОСАРЕВ, ТУЖИЛКИН, ДАНИЯЛОВА, АРХИПКИН. Гидрология и экология Черного и Каспийского морей // География, общество, окружающая среда. Т. VI: Динамика и взаимодействие атмосферы и гидросферы. М.: Городец, 2004. С. 218–282.
- [6] ЕВСТИГНЕЕВ В.М., ЕВСЕЕВА Л.С. Климатическая модель изменчивости годового стока // Глобальные изменения природной среды (климат и водный режим). М.: Наука, 2000. С. 211–219.
- [7] ИВАНОВ В.В., МУЖДАБА О.В., СОЛОВЬЕВА З.С. Многолетние изменения годового и сезонного притока речных вод в арктические моря // VI Всерос. гидролог. съезд: Тез. докл. СПб.: Гидрометеиздат, 2004. С. 39–41.
- [8] CLIMAP project members // Science. 1976. Vol. 191. P. 1131–1137.
- [9] PELTIER W.R. Ice age paleotopography // Science. 1994. Vol. 265(5169). P. 195–201.
- [10] RAYNAUD D., JOUSEL J., BARNOLA J.M. ET AL. The ice record of greenhouse gases // Science. 1993. Vol. 259(5097). P. 926–934.
- [11] КИСЛОВ А.В. Климат в прошлом, настоящем и будущем. М.: Наука/Интерпериодика, 2001. 352 с.
- [12] КИСЛОВ А.В., ТОРОПОВ П.А. Речной сток с Восточно-Европейской равнины при различных состояниях климата // Водные ресурсы. 2006. № 5. С. 28–41.
- [13] ВАРУЩЕНКО С.И., ВАРУЩЕНКО А.Н., КЛИГЕ Р.К. Изменение режима Каспийского моря и бессточных водоемов в палеовремени. М.: Наука, 1987. 255 с.
- [14] ПАЛЕОГЕОГРАФИЯ Северной Евразии в позднем плейстоцене–голоцене и проблемы географического прогноза. М.: Наука, 1978. 76 с.

- [15] KISLOV A., TOROPOV P. Paleo sea-level changes in the Black and Caspian Seas: Links to river runoff and global climate change // PAGES News. 2006. Vol. 14, N 1. P. 36–37.
- [16] РЫЧАГОВ Г.И. Уровненный режим Каспийского моря за последние 10 000 лет // Вест. МГУ. Сер. География. 1993. № 2. С. 38–49.
- [17] СВИТОЧ А.А. Морской плейстоцен побережий России. М.: ГЕОС, 2003. 362 с.
- [18] БОРЗЕНКОВА И.И. Эмпирическая палеоклиматология: состояние проблемы и методы исследования // Изменения климата и их последствия: Сб. науч. тр. СПб.: Наука, 2002. С. 75–92.
- [19] БОРЗЕНКОВА И.И., ЛЕМЕШКО Н.А. Водный баланс бассейна Волги в начале XXI века (на основе палеоклиматических сценариев) // Метеорология и гидрология. № 7. С. 54–60.
- [20] TSHERALYGA A. Rapid inundations of the Ponto-Caspian shelves, their origin and impact on early man settlement // The Fourth Intern. Meeting on Global Continental Palaeohydrology, Moscow, 2000. P. 67–70.
- [21] ВЕЛИЧКО А.А., КЛИМАНОВ В.А., БЕЛЯЕВ А.В. Реконструкция стока Волги и водного баланса Каспия в оптимумы микулинского межледниковья и голоцена // Изв. РАН. Сер. География. 1988. № 1. С. 27–37.
- [22] ТАРАСОВ П.Е., ГУНОВА В.С., УСПЕНСКАЯ О.Н. Уровни озер бассейна Волги как индикатор изменения климата в голоцене // Вест. МГУ. Сер. География. 1997. № 3. С. 14–24.
- [23] HARRISON S., DIGERFELDT G. European lakes as paleohydrological and paleoclimatic indicators // Quat. Sci. Rev. 1993. N 12. P. 233–248.

*Поступила в редакцию 9 ноября 2006 г.*