

# **СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДОХРАНИЛИЩ И ИХ ВОДОСБОРОВ**

**Том I**

Гидро- и геодинамические процессы



Пермь 2019

<i>Рахуба А.В., Шмакова М.В.</i> Математическое моделирование мутности воды .....	176
<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;"><i>Савкин В.М.</i></span> <i>Кондакова О.В., Двуреченская С.Я.</i> Проблемы использования полезной емкости Новосибирского водохранилища в условиях экстремальных водностей верхней Оби .....	181
<i>Сакович В.М., Сикан А.В., Абозайд Ахмед Хешам А.Х.</i> Особенности водного режима реки Нил на территории современного Египта .....	186
<i>Сидорова М.В.</i> Подходы к оценке годового стока на европейской территории России под влиянием климатических изменений .....	192
<i>Смирнов А.И., Дурнаева В.Н.</i> Оценка переработки берегов Павловского водохранилища на реке Уфа с использованием ГИС-технологий .....	197
<i>Трубецкова М.Д., Филиппова И.А., Осипова Н.В.</i> Экстремальные осадки в бассейне р. Амур: факторы формирования и методы оценки .....	203
<i>Хафизов А.Р., Валитов С.А., Камалетдинова Л.А.</i> Русловые деформации и посадка уровня воды реки Уфа ниже Павловского водохранилища в районе города Уфа .....	208
✓ <i>Чередниченко А.В., Чередниченко Ал.В., Чередниченко В.С., Стороженко Н.Д., Кожжахметова Э.П., Купчишин А.И., Абдрахимов Р.Г.</i> Динамика уровня озера Балхаш в условиях изменения климата...	213
✓ <i>Чередниченко А.В., Чередниченко Ал.В., Чередниченко В.С., Жексембаева А.К.</i> Сценарий ожидаемого климата и изменение поверхностного стока в северном Казахстане .....	218
<i>Шайдулина А.А.</i> Особенности уровенного режима района переменного подпора Камского водохранилища .....	223
<i>Шайдулина А.А.</i> Особенности проявления русловых деформаций в районе переменного подпора Камского водохранилища.....	231
<i>Шихов А.Н., Семкина А.В.</i> Создание картографического слоя зон затопления в поймах крупных рек бассейна р. Камы по спутниковым снимкам LANDSAT .....	238
<i>Шумакова Е.М., Трубецкова М.Д.</i> Вибрации грунтов как достоверная регистрируемая характеристика геодинамики приплотинной территории крупной ГЭС.....	243

14. Rādel, G., T. Mauritsen, B. Stevens, D. Dommenget, D. Matei, K. Bellomo, and A. Clement, 2016: Amplification of El Niño by cloud longwave coupling to atmospheric circulation. *Nature Geoscience*, 9, 106-110. <http://dx.doi.org/10.1038/ngeo2630>

15. Sneyers R. On the statistical analysis of series of observations. / Technical note N 143. Geneva, 1990. 192 p.

16. USGCRP, 2017: *Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Volume I* [Wuebbles, D.J., D.W. Fahey, K.A. Hibbard, D.J. Dokken, B.C. Stewart, and T.K. Maycock (eds.)]. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, 470 pp., doi: 10.7930/J0J964J6

УДК 551.51, 551.58, 556

А.В. Чередниченко, Ал.В. Чередниченко, В.С. Чередниченко,  
А.К. Жексембаева, [geliograf@mail.ru](mailto:geliograf@mail.ru)  
*НИИ проблем биологии и биотехнологии КазНУ им. аль-Фараби,  
г. Алматы, Казахстан*

## **СЦЕНАРИЙ ОЖИДАЕМОГО КЛИМАТА И ИЗМЕНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СТОКА В СЕВЕРНОМ КАЗАХСТАНЕ**

С учетом местных особенностей территории построены сценарии изменения температуры и осадков на перспективу на период до 2040 -2050 гг. На этой основе оценено вероятное изменение стока при ожидаемых изменениях климата. В основу сценариев заложены физические закономерности, заключающиеся в наличии связей между климатическими колебаниями, содержащимися во временных рядах температуры и осадков и климатическими колебаниями в индексах общей циркуляции атмосферы, выявленные на основе гармонического анализа. Показано, что следует ожидать стабилизации температуры в регионе и даже некоторого её понижения при неизменном количестве осадков. Это положительно скажется на величине поверхностного стока.

*Ключевые слова:* Температура, осадки, гармонические колебания, индекс циркуляции, аппроксимация, климатический сценарий, тенденция.

A. Cherednichenko, Al. Cherednichenko, V. Cherednichenko,  
A.K. Zheksembayeva, [geliograf@mail.ru](mailto:geliograf@mail.ru)  
*Research Institute of Problems of Biology and Biotechnology at KazNU al-Farabi,  
Almaty, Kazakhstan*

## **SCENARIO OF EXPECTED CLIMATE AND CHANGE OF SURFACE DRAIN IN NORTH KAZAKHSTAN**

Taking into account local peculiarities of the territory, scenarios of changes in temperature and precipitation for the future up to 2040 -2050 are built. On this basis, estimated probable change

---

© Чередниченко А.В., Чередниченко Ал.В., Чередниченко В.С., Жексембаева А.К., 2019  
Исследование выполнено в рамках проекта АРО5131867 Министерства образования и науки Республики Казахстан

in runoff due to expected climate changes. The scenarios are based on physical laws, consisting in the presence of links between climatic fluctuations contained in time series of temperature and precipitation and climatic fluctuations in the indices of the general circulation of the atmosphere, identified on the basis of harmonic analysis. It is shown that one should expect stabilization of temperature in the region and even some decrease in it with a constant amount of precipitation. This will positively affect the surface runoff.

*Keywords:* temperature, precipitation, harmonic oscillations, circulation index, approximation, climate scenario, trend.

### ***Введение***

Казахстан, располагаясь в центре континента, равноудален от всех океанов, испытывает дефицит водных ресурсов почти на всей территории. Межгодовая изменчивость осадков велика. В отдельные годы количество осадков в два раза и более может превышать или быть ниже нормы [5;6].

Особую роль в обеспечении продовольственной независимости и безопасности Республики играет Северный Казахстан. Эта территория относится к зоне рискованного земледелия, здесь из пяти лет урожайными бывают в среднем только три. Зоны поливного земледелия, расположенные по югу Республики, удовлетворяют в основном местные потребности. Поэтому, несмотря на проблемы, Северный Казахстан является основным сельскохозяйственным регионом, здесь сосредоточено основное производство.

В рассматриваемый регион входит пять областей: Северо-Казахстанская (Петропавловск), Кокчетавская (Кокчетав), Кустанайская (Кустанай), Целиноградская (Астана) и Павлодарская (Павлодар), однако, южные районы Кустанайской, Целиноградской и Павлодарской областей уже не являются сельскохозяйственными ввиду заметного понижения количества осадков и повышения температур вегетационного периода.

Основными реками, часть стока которых формируется на данной территории и которые являются важнейшими источниками воды в регионе, являются: Тобол, Ишим, Иртыш, Нура.

Целью исследования является оценка возможного изменения поверхностного стока в условиях изменения климата.

### ***Материалы и методы исследования***

В работе, использованы официальные данные гидрометеорологической службы Казахстана [5;6;8]. Это, среднемесячные характеристики температуры и осадков по станциям Северного Казахстана за период наблюдений от начала двадцатого века по настоящее время. Кроме того, использованы некоторые данные по исследованию структуры сельского хозяйства в регионе и гидрологического режима рек [5].

Для анализа исходные ряды были аппроксимированы полиномом шестой степени, обеспечивая значительное сглаживание ряда, при котором, однако, сохраняются климатические экстремумы. Недостатком такого метода аппроксимации является то, что мы не знаем, как долго появившаяся тенденция в изучаемом параметре сохранится. Поэтому кроме полиномиальной аппроксимации использован гармонический анализ временных рядов [7;8;17].

Это даёт возможность, во-первых, проверить, подтверждается ли полиномиальная тенденция на конце временного ряда соответствующим ходом основных гармоник, а, во-вторых, построить сценарий изменения временного ряда на 20-40 лет вперёд, как сумму продолженных основных гармоник на перспективу в каждой временной точке ряда [4;7;8].

Климатические колебания в регионе являются продуктом общей циркуляции атмосферы. Для описания общей циркуляции в работе использованы широко известные индексы Вагенгейма для первого естественного синоптического района, простирающегося от середины Атлантики примерно до меридиана 100° в. д. [1]. Вся территория Казахстана находится в пределах этого района. Количественных характеристик интенсивности процесса типизация Вагенгейма не содержит.

### *Результаты и их обсуждение*

На рисунке 1 представлены результаты гармонического анализа временного ряда температуры по станции Щербакты. В предположении, что гармоники, обнаруженные во временном ряде температуры, сохранятся, они были проэкстраполированы на перспективу до 2050 г. Можно ожидать, что температура в течение ближайших 50 лет за счёт вековой гармоники будет понижаться в пределах её амплитуды, около 2 °С к концу периода. На фоне понижения климатической температуры, обусловленного понижением амплитуды вековой гармоники, возможны колебания температуры за счёт второй и третьей гармоник, которые, как и на анализируемом временном отрезке, не превысят 0.8 °С. В северо-восточной и северной частях региона понижение температуры наступит раньше, чем в центральной и южной. Климатическая разность температур по территории не будет превышать 2°С.

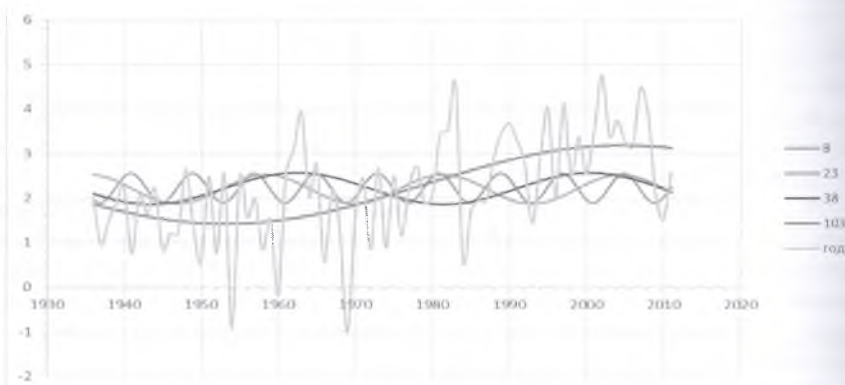


Рис. 1. Результаты гармонического анализа временного ряда температуры. Станция Щербакты

Прежде всего, следует отметить большое подобие аппроксимационных кривых для рядов осадков всех станций. Во всех без исключения временных рядах легко выделяются брикнеровские циклы продолжительностью от 39 до 58

лет. При этом практически имеет место связь типа, чем раньше начался цикл в пятидесятые – шестидесятые годы прошлого века, тем они длиннее. Климатические колебания осадков обусловлены колебаниями крупномасштабной циркуляции. Максимум осадков в начале XX в. в Астане был обусловлен необычайно высокой активностью процессов типа W, а первая гармоника достигла своего максимума, а гармоники типов С и Е были слабо выражены. На основе ожидаемых изменений общей циркуляции наиболее вероятен ход осадков с небольшими климатическими колебаниями с максимумами в настоящее время и в тридцатые годы XXI в. и с минимумом около 2020-25 гг., амплитуда колебаний  $\pm 20$  мм от нормы.

Невозможно проанализировать изменение климата в конкретном регионе, не сравнивая эти результаты с процессами в Северном полушарии, с глобальными процессами. Большое число климатических моделей позволило успешно выполнить ряд климатических прогнозов, в основном региональных. Однако не вполне адекватный учёт ими региональных климатических изменений и другие проблемы [2;4;12] вынуждают изучать значимые физические факторы и их роль в динамике климата. Так, авторы [11] показали, что климатические изменения в Северном полушарии есть результат «меандрирования» волн в общей циркуляции атмосферы, а в [13] показана необходимость учёта полярно-арктических связей и др. К аналогичным выводам пришли авторы [15], а в [16] указывается на роль и усиление планетарных волн в изменении климата, т.е. на роль той же циркуляции. Это подтверждается и нашими исследованиями, изложенными выше, и содержащимися в [7].

Роль динамики поверхности температуры Тихого океана на погодообразующие процессы Северного полушария известна [2-4; 10; 13 и др.]. В [18] изучалась её роль в климатических изменениях. Во временном ряде температуры хорошо прослеживаются полувековые циклы. Аналогичные циклы мы выявили в результате гармонического анализа в рядах осадков на нашей территории [7-9].

### **Выводы**

Понижение температуры, которого мы ожидаем, хотя и небольшое, будет способствовать уменьшению испарения, что благоприятно скажется на земледелии, так как количество осадков в регионе изменится незначительно.

Таким образом, несмотря на то, что в ближайшие десятилетия ожидается понижение температуры в регионе, способствующее понижению испарения, а осадки ожидаются около нормы, сток местных рек, вероятно изменится незначительно, но в отдельные сезоны его колебания могут существенно изменяться как в большую, так и в меньшую сторону, что говорит о необходимости продолжения исследования и определения круга адаптационных мер на будущее.

### **Библиографический список**

1. Гирс А.А. Многолетние колебания атмосферной циркуляции и долгосрочные гидрометеорологические прогнозы. Л., Гидрометеиздат, 1971. 488 с.

2. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Вероятностные метеорологические прогнозы. Л.: Гидрометеоздат, 1983. 270 с.
3. Жильцова Е.Л., Анисимов О.А. О точности воспроизведения температуры и осадков на территории России глобальным климатическим архивом // Метеорология и гидрология. 2009. №10. С.79-89.
4. Пилифосова О.В. Вероятностный сверхдолгосрочный прогноз полей изменений сумм осадков в регионе «Казахстан-Средняя Азия» // Труды КазНИГМИ. 1991. Вып.111. С.66-75.
5. Режим рек южных районов Западной Сибири, Северного и Центрального Казахстана / Кузин, П.С. Л.: Гидрометеоздат, 1953. 538 с.
6. Справочник по климату Казахстана. // Многолетние данные. Атмосферные осадки. Вып.1-14. Алматы: Казгидромет, 2005.
7. Чередниченко А.В. Динамика климата Казахстана. Начало эпохи похолодания. - Алматы, 2015. - 208 с.
8. Чередниченко А.В. и др. Временные ряды температуры и осадков. Статистический анализ. Алматы, 2013. 366с.
9. Cherednichenko Alexander, Cherednichenko Alexey, Cherednichenko V.S, Vilesov E.N. 2015. Climate change in the City of Almaty during the past 120 years. Quaternary International journal // homepage: [www.elsevier.com/locate/quaint](http://www.elsevier.com/locate/quaint).
10. Cohen J.L, Saito K. Eurasian snow cover, more skillful in predicting U.S. winter climate than the NAO/AO. Geophys Res Lett. 2003;30:2190. [Google Scholar](#)
11. Di Capua G, Coumou D. Changes in meandering of the Northern Hemisphere circulation. Environ Res Lett. 2016;11:094028. [CrossRefGoogle Scholar](#)
12. Fekete B.M, Vorosmarty C.J., Roads J.O., Willemott C.J. Uncertainties in precipitation and their impacts on runoff estimates//J. of climate. 2004. №1. P. 293-304.
13. Hartmann D.L. Pacific sea surface temperature and the winter of 2014: SST and 2014 winter. Geophys Res Lett. 2015;42:1894–902. [CrossRefGoogle Scholar](#)
14. Harvey B.J, Shaffrey L.C, Woollings T.J. Equator-to-pole temperature differences and the extra-tropical storm track responses of the CMIP5 climate models. Clim Dyn. 2014;43:1171–82. [CrossRefGoogle Scholar](#)
15. Meleshko V.P., Johannessen O.M., Baidin A.V., Pavlova T.V., Govorkova V.A. Arctic amplification: does it impact the polar jet stream. Tellus A: Dyn Meteorol Oceanogr. 2016;68:32330. [CrossRefGoogle Scholar](#)
16. Petoukhov V, Rahmstorf S, Petri S, Schellnhuber H.J. Quasiresonant amplification of planetary waves and recent Northern Hemisphere weather extremes. Proc Natl Acad Sci. 2013;110:5336–41. [CrossRefGoogle Scholar](#)
17. Sneyers R. On the statistical analysis of series of observations. / Technical note N 143. Geneva, 1990. 192 p.
18. USGCRP, 2017: *Climate Science Special Report: Fourth National Climate Assessment, Volume I* [Wuebbles, D.J., D.W. Fahey, K.A. Hibbard, D.J. Dokken, B.C. Stewart, and T.K. Maycock (eds.)]. U.S. Global Change Research Program, Washington, DC, USA, 470 pp., doi: 10.7930/J0J964J6